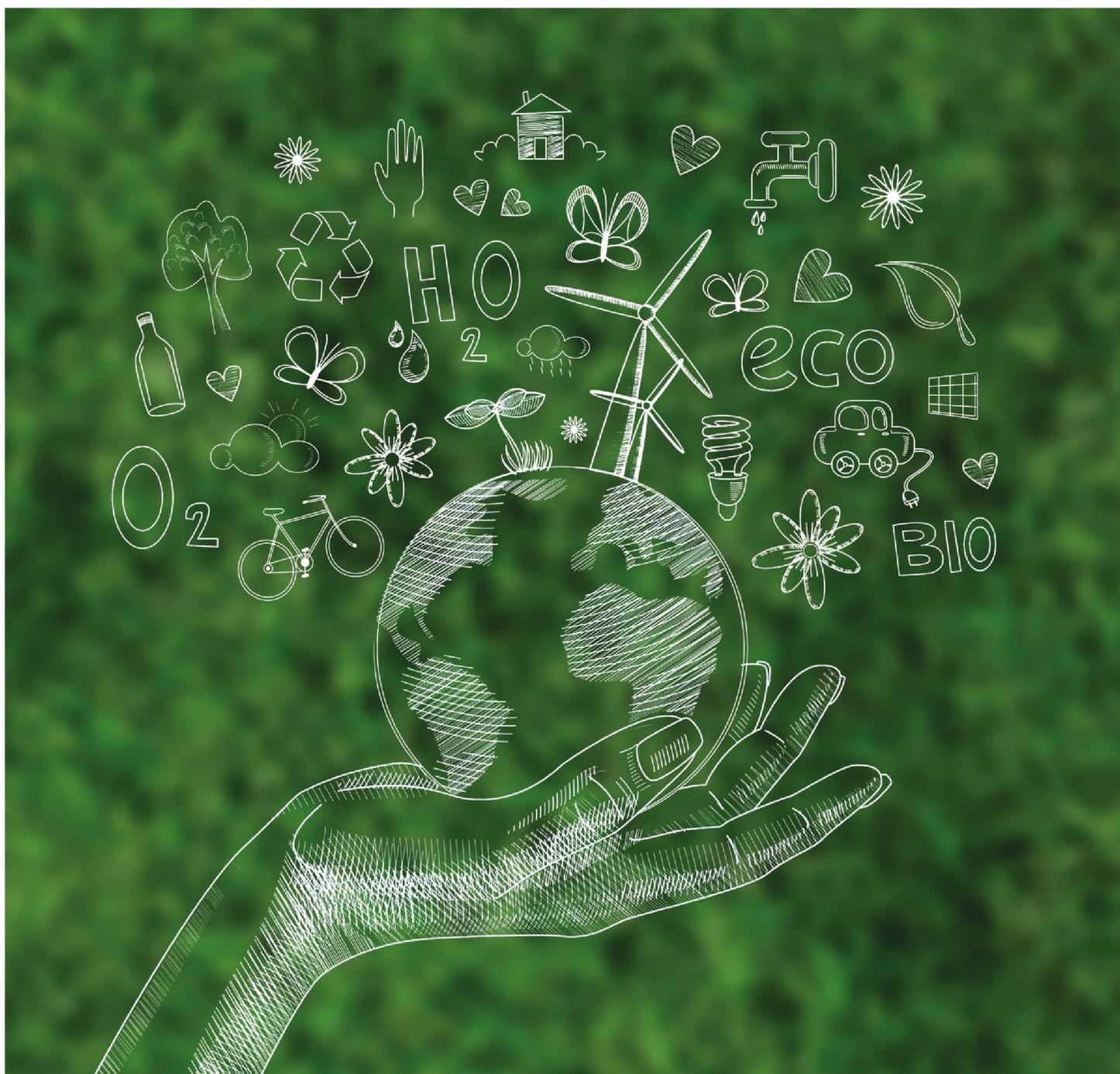


La Sociedad Académica

ITSON[®]
UNIVERSIDAD

Julio - diciembre 2024

Año 31, número 61
ISSN 2007 - 2562



La Sociedad Académica

Año XXXI, No. 61 (julio - diciembre de 2024)

La Sociedad Académica

La Sociedad Académica es una publicación semestral publicada por el Instituto Tecnológico de Sonora. Los artículos firmados, son responsabilidad absoluta de sus autores por lo que no necesariamente reflejan el punto de vista de la Institución. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de esta revista siempre que se den los créditos correspondientes a los autores.

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Ana Alejandra Aguilar Ruiz
Mtra. Ana Luisa Aguilar Ruiz
Dra. Reyna Guadalupe Sánchez Duarte
Dra. Rocio Janeth Aguilar Ruiz

COMITÉ CIENTÍFICO

Mtro. David Heberto Encinas Yepis
Dra. Edna Rosalba Meza Escalante
Dr. Enrico Arturo Yépez González
Dr. Germán Eduardo Dévora Isiordia
Dr. Luis Humberto Álvarez Valencia
Dra. Zulia Mayari Sánchez Mejía

La Sociedad Académica, Año 31, No. 61 julio - diciembre de 2024, es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico de Sonora, a través de la Oficina de Publicaciones. 5 de Febrero No. 818 sur. Apdo. 335 C.P. 85000. Ciudad Obregón, Sonora, México. Tel:(644) 4100900, <http://www.itson.mx>, sacademi@itson.edu.mx, editor responsable: Marisol Cota Reyes. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2024-021211401600-102, ISSN: 2007-2562. Impresa en Taller Gráfico del ITSON; Av. Antonio Caso 2266 C.P. 85137, Ciudad Obregón, Sonora; este número se terminó de imprimir el 27 de diciembre de 2024 con un tiraje de 100 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

DIRECTORIO

Dr. Jesús Héctor Hernández López
Rector

Dr. Jaime Garatuza Payán
Vicerrectoría Académica

Dr. Rodolfo Valenzuela Reynaga
Vicerrectoría Administrativa

Dr. Ernesto Uriel Cantú Soto
Secretario de la Rectoría

Mtro. Mauricio López Acosta
Dirección Unidad Navojoa

Mtro. Humberto Aceves Gutiérrez
Dirección Unidad Guaymas

Dra. María Elvira López Parra
Dirección Académica de la División de Ciencias
Económico Administrativas

Dr. Armando Ambrosio López
Dirección Académica de la División de
Ingeniería y Tecnología

Dra. Sonia Verónica Mortis Lozoya
Dirección Académica de la División de Ciencias Sociales
y Humanidades

Dr. Pablo Gortares Moroyoqui
Dirección Académica de la División de
Recursos Naturales

COMITÉ DICTAMINADOR

Dr. Alejandro Otero Ruiz
Dra. Ana Alejandra Aguilar Ruiz
Dra. Ana Karina Blanco Ríos
Mtra. Ana Luisa Aguilar Ruiz
Azyadeth Mercedes Burrola Flores
Dra. Beatriz Guadalupe González González
Dr. Christian Anibal Silva Ontiveros
Mtra. Danhira Arcineaga Soto
Dr. Daniel Eligio Gastélum Gutiérrez
Dra. Denisse Serrano Palacios
Dra. Diana Carolina González González
Dra. Edna Rosalba Meza Escalante
Mtra. Evelia Galindo Valenzuela
Dr. Fernando Lares Villa
Dr. Germán Eduardo Dévora Isiordia
Dr. Jesus Adrian Bojorquez Valdez
Dr. Jesús Álvarez Sánchez
Mtra. Joseline Benítez López
Dr. Juan Francisco Maldonado Escalante
Mtra. Karla Marcela López Coreas
Dr. Luis Ángel Flores Encinas
Dr. Luis Arturo Méndez Barroso
Dra. Ma. Araceli Correa Murrieta
Dra. María del Rosario Martínez Macias
Dra. María Magdalena Armendariz Ontiveros
Dra. Martha Lucia Vargas Terminel
Dra. Masuly Guadalupe Vega Puga
Mtro. Miguel Agustin Rivera Diaz
Dra. Miriam Orrantia López
Dra. Olga Nydia Campas Baypoli
Dr. Omar Nateras Ramirez
Dra. Perla Alejandrina González Tineo
Dra. Reyna Gpe. Sánchez Duarte
Dra. Rocio Janeth Aguilar Ruiz
Dra. Sara Roxana Maldonado Bustamante
Dra. Vianey Ariadna Burboa Charis
Dra. Yedidia Villegas Peralta
Dra. Zulia Mayari Sánchez Mejía

La Sociedad **Académica**

Edición dedicada al
**Congreso Internacional de Biotecnología y
Ciencias Alimentarias**

EDITORIAL

La Sociedad Académica, revista semestral del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), se honra en presentar esta edición especial dedicada al II Congreso Internacional de Tecnología y Ciencias Ambientales, celebrado del 21 al 25 de octubre de 2024 en Ciudad Obregón, Sonora, bajo modalidad presencial-remota. Este evento, organizado por el Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, se realiza cada dos años y ha evolucionado hasta consolidarse como un foro de alcance internacional, promoviendo la innovación y la sostenibilidad en un contexto global.

El congreso ha generado una comunidad fiel de participantes que esperan con entusiasmo cada edición para inscribirse y compartir sus investigaciones. Su compromiso y confianza en el evento nos inspiran profundamente, y les estamos enormemente agradecidos por su valiosa contribución.

En esta ocasión, se incluyen 64 trabajos destacados, cuidadosamente seleccionados y arbitrados por un Comité Dictaminador, bajo la dirección del Comité Científico. Las temáticas abordadas abarcan Ambiente y valores, Contaminación ambiental, Gestión ambiental, Química ambiental, Toxicología y salud ambiental, Recursos naturales, y Tecnología y biotecnología ambiental. Estas contribuciones, provenientes de diversas instituciones académicas y de investigación de México, reflejan el alto nivel de colaboración y participación que caracteriza al congreso.

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a los investigadores, académicos y estudiantes que hacen posible este evento y esta publicación. Reafirmamos nuestro compromiso de seguir siendo una plataforma para la difusión del conocimiento científico en temas esenciales para el bienestar ambiental y social.

Mtro. David Heberto Encinas Yepis
Jefe del Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente.

CONTENIDO

<i>Desempeño de una nueva PTAR-porcina, reutilización del efluente en riego y evaluación de su efecto sobre el agua subterránea</i>	1
<i>Caracterización por microscopia de fuerza atómica (AFM) de nanopartículas de Q-Ag utilizando diferentes sustratos</i>	4
<i>Obtención de celulosa a partir de Ananas comosus L. de remanentes en Sahuayo, Michoacán</i>	6
<i>Escenarios de cambio climático mediante el CMIP6 en el Distrito de Desarrollo Rural Atlacomulco</i>	9
<i>Remoción de turbidez en aguas residuales domésticas empleando un biocoagulante producido con cáscara de tuna</i>	12
<i>Clausura y evaluación de costos de un sitio de disposición final de residuos en Momax, Zacatecas</i>	15
<i>Evaluación del estado de conservación del manglar en el sistema lagunar costero de Mandinga, Veracruz</i>	18
<i>Impacto de un incendio reciente en la biomasa de aves de bosque de altura en Michoacán</i>	21
<i>Fitorremediación de elementos potencialmente tóxicos de jal de mina con Aloe vera y BPCV</i>	24
<i>Caracterización fisicoquímica de un biopolímero natural obtenido a partir de residuos acuícolas</i>	27
<i>Desarrollo de una película biodegradable a partir de celulosa de palma reforzada con polisacáridos</i>	30
<i>Desarrollo y caracterización de un sistema de bajo costo para el monitoreo piezométrico, térmico y salino de aguas subterráneas</i>	33
<i>Biocoagulante a base de opuntia para remover la turbidez en vinazas de mezcal</i>	36
<i>Caracterización fisicoquímica y biológica del efluente del rastro municipal de Zacualpan de Amilpas, Morelos</i>	39
<i>Carbón activado modificado con magnetita para potenciar la producción de metano</i>	42
<i>Estudios cinéticos de adsorción de cobre en biomasa de microalga Porphyridium cruentum y Sargassum</i>	44

<i>Calidad del agua potable en Bacerac, Sonora, México</i>	47
<i>Impacto ambiental por relaves mineros en suelo y sedimento en una zona semiárida de México</i>	50
<i>Evaluación del tratamiento de agua residual empleando una celda de combustible microbianas-humedal artificial</i>	53
<i>Evaluación de la concentración de clorofila y determinación del estado trófico de la ensenada La Salada</i>	55
<i>Tratamiento de aguas residuales vinícolas y su aprovechamiento en la producción de bioenergía</i>	57
<i>Análisis integral de la síntesis de biocarbones modificados con hierro para adsorción de arsénico</i>	60
<i>Propiedades fisicoquímicas de residuos de bambú (<i>Guadua aculeata</i>), de la región de Hueytamalco, Puebla</i>	63
<i>Seroprevalencia y área geográfica asociada a <i>Trypanosoma cruzi</i> en perros del sur de Sonora, México</i>	66
<i>Calidad microbiológica del agua en ITESCA Cajeme</i>	69
<i>Bioestimulación y bioaumentación como tecnologías para la remediación de un suelo agrícola contaminado</i>	72
<i>Distribución espacial y temporal de la temperatura y precipitación y su relación con la vegetación de Sonora</i>	75
<i>Síntesis y caracterización de nanocompuesto Fe_3O_4@grafeno: potencial adsorbente para la purificación de agua</i>	77
<i>Determinación de microcontaminantes en el agua de la Ensenada la Salada, en Guaymas, Sonora</i>	80
<i>Remoción de cromo hexavalente acuoso por perlas de quitosano modificado</i>	83
<i>Diversidad de especies arbóreas y arbustivas nativas en un sistema agroforestal en Chenalhó, Chiapas</i>	86
<i>Recuperación de exopolisacáridos de <i>Porphyridium Cruentum</i> por precipitación alcohólica</i>	89
<i>Impacto de la rugosidad en membranas poliméricas modificadas en aplicaciones de filtración</i>	91
<i>Diagnóstico ambiental de una empresa de autotransporte al sur de Sonora</i>	94
<i>Proceso de coagulación-floculación de aguas industriales a partir de sales inorgánicas</i>	97

Análisis hidrodinámico a nivel macro y micro mezclado de un reactor UASB mediante CFD 99

<i>Marcadores genéticos asociados a crecimiento en vacas de raza Brangus criadas en el sur de Sonora</i>	102
<i>Identificación y caracterización de bacterias procedente de nódulos de Inga vera</i>	105
<i>Genes de resistencia a antibióticos y estructura de fagos en cepas benéficas para la agricultura</i>	108
<i>Las celdas de combustible microbianas como alternativa a la degradación de contaminantes emergentes</i>	111
<i>Aislamiento de bacterias cromo-resistentes de muestras de suelo de las zonas industriales de Hermosillo, sonora, para aplicaciones de biorremediación</i>	114
<i>Validación de un marcador genético asociado a la producción de leche en ganado bovino</i>	117
<i>Marcadores genómicos asociados a fertilidad en vacas lecheras de raza Holstein bajo estrés por calor</i>	120
<i>Determinación de la frecuencia de parásitos en animales a la necropsia en Cajeme, Sonora</i>	123
<i>Caracterización de costras biológicas del suelo y su impacto en el albedo terrestre</i>	125
<i>Flujos verticales de CO₂ dominados por la respiración del ecosistema en un manglar de Yucatán</i>	127
<i>Asociación de Trupanea sp. (Diptera: Tephritidae) con el girasol Helianthus annuus L. (Asteraceae) en el Valle del Yaqui</i>	130
<i>Identificación de bacterias patógenas en lagunas de oxidación de la Ensenada la Salada, Guaymas – Sonora</i>	132
<i>Presencia de arsénico en agua purificada en Zinapécuaro, Michoacán</i>	135
<i>Producción de biogás a partir de la codigestión anaerobia de estiércol bovino</i>	138
<i>Cuantificación de cadmio presente en sistemas de abastecimiento de agua del municipio de Cajeme</i>	141
<i>Evaluación de la germinación y desarrollo de Capsicum Annuum L. var. Glabriusculum mediante la fitohormona GA3</i>	144
<i>Síntesis de nanopartículas de plata con NaBH₄ y su efecto antifúngico en saprochaete capitata</i>	147

<i>Principios bioéticos presentes en la legislación mexicana en materia de cambio climático</i>	150
<i>Evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde medicados con virginiamicina para producción de carne</i>	153
<i>Cálculo del NDVI histórico en relación a la expansión urbana de Cd. Obregón (1994-2024)</i>	156
<i>Concentración de arsénico en sedimento superficial marino de un sitio Ramsar, Bahía de Lobos, Sonora</i>	158
<i>Rugosidad en recubrimientos orgánicos anticorrosivos</i>	160
<i>Efecto de las condiciones de grabado químico en la estructura superficial del aluminio</i>	163
<i>Evaluación de yeso agrícola, micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)</i>	166
<i>Efecto de micronutrientes aplicados en suelos calcáreos en el cultivo de limón</i>	169
<i>Efecto del yeso agrícola y micro nutrientes en nogal pecanero en diferentes etapas fenológicas</i>	172
<i>Evaluación de la aplicación de yeso agrícola con micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn), con ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en el Valle del Yaqui</i>	175
<i>Adsorción de naranja de metilo: efecto de la concentración inicial y dosis de bioadsorbente</i>	178

Desempeño de una nueva PTAR-porcina, reutilización del efluente en riego y evaluación de su efecto sobre el agua subterránea

Garzón-Zúñiga Marco Antonio^a✉,
Vigueras Cortes Juan Manuel^a,
Serrano Palacios Denisse^b,
Navarro-Franco Javier^a y
Díaz-Barajas Sergio^a

^aInstituto Politécnico Nacional CIIDIR-Durango, Sigma 119, Col 20 de Noviembre, Durango de Victoria, Dgo. C.P. 34220, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora, Campus Nainari. Antonio Caso S/N, Colonia Villa ITSON, Ciudad Obregón, Sonora, C.P. 85130, México.

✉mgarzon@ipm.mx

Palabras clave: Tratamiento agua residual porcina, reúso agua porcina, agua subterránea

Introducción

México ocupa el lugar 13 en producción de carne de cerdo a nivel mundial (SADR, 2021). Las granjas porcinas generan aguas residuales con altas concentraciones de contaminantes. En el Estado de Jalisco, principal productor porcino del País, la Unión Regional de Porcicultores (URPJ) ha favorecido el desarrollo e implementación de un sistema particular de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR-Porcina) que actualmente no ha sido evaluado a escala real y su efluente se utiliza en riego agrícola. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de remoción de una PTAR-P constituida por pretratamiento

y 4 reactores en serie y evaluar si la reutilización de su efluente en riego genera contaminación del agua subterránea.

Metodología

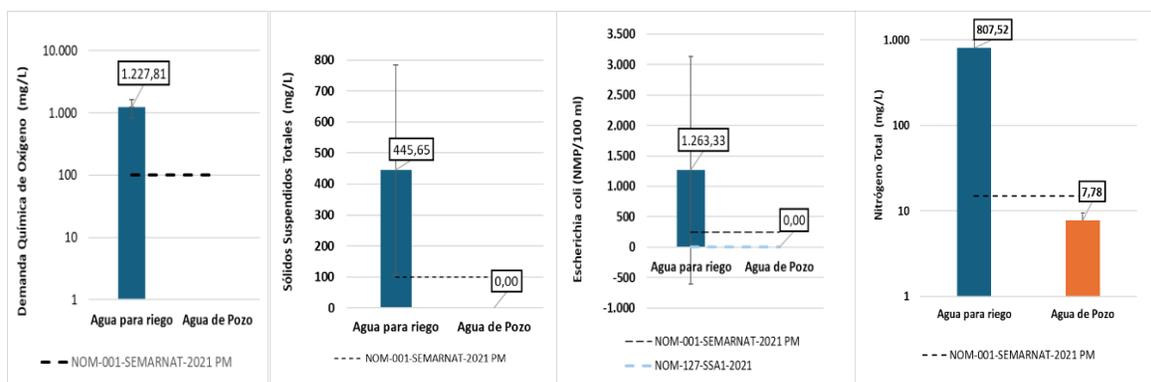
La URPJ seleccionó una granja con la PTAR-P mencionada y para evaluar su desempeño se realizaron 3 muestreos compuestos del influente y efluente y 3 muestreos simples de dos puntos intermedios -uno a la salida del pretratamiento (punto 2) y otra a salida del reactor aerobio (punto 3). Las muestras fueron analizadas para SST, NT, GyA, OD, DQO y DBO₅. Para evaluar la calidad del agua que se reutiliza para riego se realizaron 6 muestreos puntuales, y para determinar si hay alguna afectación del agua de pozo, también se realizaron 6 muestreos puntuales de agua subterránea del pozo de la Granja. Las muestras de agua de riego y agua de pozo fueron analizadas para DQO, SST, *E. coli*, Nitrógeno Total y Nitratos; y las concentraciones de ambas se compararon para determinar si existe algún tipo de contaminación.

Resultados y Discusión

Los resultados demostraron que el pretratamiento de la PTAR-P, -conformado por un tanque de homogenización, un tamiz rotatorio y tres tanques de flotación de GyA-presentó elevadas remociones de SST (81%) y de GyA (83%). Además, debido a la adición frecuente de consorcios bacterianos, desde las naves de producción y en el cárcamo de homogenización, el pretratamiento presentó altas remociones de materia orgánica (MO), no comunes en los sistemas de pretratamiento, removiendo el 96% de la DBO₅ y el 85% de la DQO (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones de diferentes contaminantes en varios puntos de la PTAR-Porcina

	Influente	Punto 2 Salida de pre- tratamiento	Eficiencia remoción (%)	Punto 3 Salida react aerobio	Eficiencia remoción (%)	Efluente Salida reactor sin aire	Eficiencia remoción (%)
SST (mg/L)	24,900 ± 6,670	4,663 ± 1,893	81.4	1,596 ± 2,428	93.6	188 ± 39	99.2
NT (mg/L)	2,955 ± 161	651.13	77.96	651 ± 28	78	730 ± 24	75
G y A (mg/L)	272 ± 145	45.41	83.28	35.60	86.95	36 ± 20	87
OD (mg/L)	0.02	0.02	-	1.2	-	0.02	0
DQO (mg/L)	32,124 ± 7,903	4,694 ± 1,214	85	698 ± 36	98	830 ± 24	97
BDO ₅ (mg/L)	16,377 ± 3,887	598 ± 533	96	165 ± 10	99	267 ± 71	98

**Figura 1.** Comparación de valores promedio de 6 muestras simples de agua de riego y agua de pozo para diferentes parámetros

El reactor aireado y los tres reactores sin aireación demostraron mejorar la calidad del agua residual, pero no de forma contundente. Por ejemplo, la remoción de materia orgánica como DQO solo aumentó 12% y como BDO₅ 2% en los 4 reactores biológicos (Tabla 1). Esto debido a que no presentan una biomasa activa y un sistema de agitación que permita poner en contacto los contaminantes con los microorganismos y formar una biomasa activa. En el reactor aireado, la aireación fue insuficiente ya que solo permite una mínima oxidación del nitrógeno amoniacal a nitritos; menos del 1%, y no se presenta nitratación (formación de nitratos) por lo que no hay una eficiente remoción biológica de nitrógeno (Tabla 1). En la Figura 1 se observa que el agua de riego no cumple con la calidad requerida por la NOM-001-SEMARNAT-2021 (DOF,2023) para DQO, SST, *Escherichia coli*

y NT para reúso en riego. Sin embargo, estos contaminantes no fueron detectados en el agua de pozo a excepción del NT, que presentó una concentración de 7.7 mg/L, que podría indicar cierta contaminación proveniente del agua de riego que presenta una concentración muy elevada de NT (807 mg/L). Sin embargo, la mayor parte del nitrógeno del agua de riego está en forma de N-NH₄⁺ mientras que el nitrógeno en el agua de pozo está en forma de nitratos (N-NO₃⁻), por lo que su origen también podría deberse a la composición geológica del acuífero y no se tienen elementos para decidir. La razón por la que el agua de pozo no presenta contaminación puede ser por que el manto acuífero se localiza entre 140 y 150 m de profundidad y los contaminantes son retenidos en la zona no saturada del suelo.

Conclusiones

La PTAR-P en evaluación presentó un pretratamiento muy eficiente que remueve más del 80% de SST y GyA. La adición de altas cantidades de baterías comerciales en el cárcamo de homogenización permitió remover de forma inusual altas cantidades de materia orgánica (96% de la DBO y 85% de la DQO) en el pretratamiento quitándoles su función a los reactores biológicos de la PTAR que además no realizan nitrificación ni remoción de nitrógeno. El efluente que se reutiliza para agua de riego no cumple con la normatividad mexicana para reúso en riego. El agua subterránea del pozo de la granja no mostró indicios de contaminación. La zona de riego presenta una capa de suelo o zona no saturada de 140-150 m que seguramente retiene los contaminantes.

Referencias

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México (SADR). (2021). (<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-entre-los-principales-productores-y-consumidores-de-carne-de-cerdo-en-america-latina-y-el-mundo> , accessed 15 July 2023)

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

Caracterización por microscopia de fuerza atómica (AFM) de nanopartículas de Q-Ag utilizando diferentes sustratos

Acosta-Misquez Valeria Adilene^a,
Álvarez-Sánchez Jesús^{a✉},
Villegas-Peralta Yedidia^a,
Sánchez-Duarte Reyna Guadalupe^a,
Dévora-Isiordia Germán Eduardo^a y
Correa-Murrieta Ma. Araceli^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.
✉jesus.alvarez97458@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: AFM, nanopartículas, Q-Ag, sustratos

Introducción

El caparazón de los camarones y demás invertebrados del mar son un desecho que dañan el ecosistema marino, pero en los últimos años se ha descubierto una amplia gama de aplicaciones al extraer de ellos quitina y quitosano (Romero-Serrano *et al.*, 2020) con este último se han preparado nanopartículas Q-Ag (quitosano-plata). Uno de los desafíos es caracterizar las nanopartículas, para ello se usa el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), el AFM utiliza un voladizo a microescala con una punta fina para escanear la superficie de las muestras y la desviación del voladizo se utiliza para obtener información sobre las propiedades de la superficie. (Zhichao *et al.*, 2023). En este estudio, se utilizó el AFM para el análisis de la superficie de diferentes sustratos por medio de su tamaño de partícula.

Los sustratos fueron: acetato, cristal y cinta. Se determinó cuál sustrato tuvo la superficie con menos cantidad de partículas con la finalidad de utilizarlos en el análisis por AFM de nanopartículas de Q-Ag para medir su tamaño de partícula. En este resumen se presenta el avance alcanzado a la fecha.

Metodología

Se preparó una dilución de 1:10 con la solución madre concentrada de nanopartículas de Q-Ag. Para ello se colocó en un tubo falcón de 15 mL, 9 mL de agua destilada previamente filtrada y 1 ml de la solución madre concentrada. Además, se usó la solución madre como referencia de acuerdo a la metodología de preparación por Armendáriz-Ontiveros (2022), agitando 30 min la solución. Una vez lista la dilución se procedió a tomar una alícuota con la ayuda de una pipeta Pasteur y se colocó sobre la superficie del acetato, cristal y cinta, del mismo modo con la solución madre concentrada. En el sustrato de acetato se analizó una gota sin esparcir y una dispersa.

Resultados y discusión

Como se puede ver en la Figura 1, en los sustratos de acetato y cristal analizados por AFM se aprecian partículas pequeñas, propias del material, pero en la cinta no se perciben partículas. Lo cual indica que es un buen sustrato para caracterizar partículas por la técnica de Microscopía de Fuerza Atómica. En la Figura 2 se aprecia las partículas Q-Ag de una solución concentrada (a) y una solución diluida (b), el promedio del tamaño de partícula para la figura 2a fue de 5.37 μm y para figura 2b fue de 0.77 μm (770 nm). De acuerdo a Armendáriz-Ontiveros *et al.* (2022), reportó que el tamaño de nanopartículas Q-Ag NPs oscila entre los 120 hasta los 350

nm considerando un peso molecular bajo, medio y alto en promedio del quitosano.

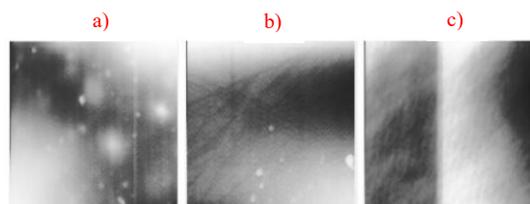


Figura 1. Sustratos: a) Acetato, b) cristal y c) cinta en 2D por AFM con área de escaneo de $15\ \mu\text{m} * 15\ \mu\text{m}$

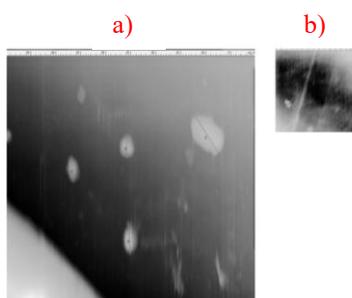


Figura 2. Sustrato cinta a) Solución concentrada ($50\ \mu\text{m} * 50\ \mu\text{m}$) y b) solución diluida ($15\ \mu\text{m} * 15\ \mu\text{m}$) de Q-Ag NPs por AFM

Conclusiones

Se lograron comparar tres sustratos diferentes para analizar el tamaño de nanopartículas de Q-Ag por AFM, donde los mejores resultados se obtuvieron a partir de la cinta ya que en ella, se encontró un mínimo de partículas. El tamaño de las nanopartículas de Q-Ag fueron de 770 nm en el sustrato cinta.

Referencias

Armendáriz-Ontiveros, M. M., Villegas-Peralta, Y., Madueño-Moreno, J. E., Álvarez-Sánchez, J., Dévora-Isiordia, G. E., Sánchez-Duarte, R. G., & Madera-Santana, T. J. (2022). Modification of Thin Film Composite Membrane by Chitosan-Silver Particles to Improve Desalination and Anti-Biofouling

Performance. *Membranes*, 12(9), 851. <https://doi.org/10.3390/membranes12090851>

Romero-Serrano, A. & Pereira, J. (2020). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. *Revista Ingeniería UC*, 27(2), 118-135. <https://www.redalyc.org/journal/707/70764230002/html/>

Zhichao, L., Yao Zhang, Y., Li, Y., Xu, L. (2023). Study on microscopic physical and chemical properties of biomass materials by AFM, *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 24, Pages 10005-10026, ISSN 2238-7854, <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.176>.

Obtención de celulosa a partir de *Ananas comosus L.* de remanentes en Sahuayo, Michoacán

Rojas-Gil Osvaldo^a,
Covarrubias-Villa Mario^a,
Román-Godínez José Joel^a,
Esquivel-Barajas Gabriela Guadalupe^a✉ y
Bretado-Aragón Luis Alberto^a

^aUniversidad De La Ciénega Del Estado De Michoacán De Ocampo, Av. Universidad Sur 3000, Lomas de Universidad, Sahuayo, Michoacán de Ocampo, 59103, México
✉ ggesquivel@ucemich.edu.mx

Palabras clave: Celulosa, remanentes orgánicos, *Ananas comosus L.*

Introducción

El mal manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) se ha convertido en una problemática importante para el gobierno en todos los países, estos son generados en las agroindustrias, mercados locales y sectores domésticos. Esta problemática no es diferente en los municipios del estado de Michoacán, en el caso de Sahuayo, Michoacán, se generan RSO de diferentes productos agrícolas como las hortalizas, las berries, y de frutas como el mango, la piña, entre otros. En el caso particular de la piña (*Ananas comosus L.*) se han empleado los desechos para la producción de biocombustibles a partir de la biomasa (Chaparro *et al.*, 2020), sin embargo, los desechos de piña, son ricos en celulosa que puede ser aprovechada para otros materiales funcionales, tal es el caso de la presente investigación su conversión a bio hidrocarburos.

Los residuos empleados fueron obtenidos del mercado local de Sahuayo, Michoacán.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se efectuó una adaptación de la metodología, de catálisis ácida, la cual ha sido propuesta por Presenda-Gerónimo *et al.* (2020). La cual se llevó a cabo en nueve etapas, las cuales fueron: a) Etapa 1. Recolectar el residuo de las coronas de piña en el mercado local de Sahuayo, Michoacán, b) Etapa 2. Desinfectar muestras con agua estéril, c) Etapa 3. Deshidratar a temperatura ambiente y molienda, d) Etapa 4. Pre-hidrólisis suave con H₂SO₄ al 1M, homogenización durante 1 hora a 80°C, e) Etapa 5. Lavado con agua estéril, centrifugado y secado a 50°C en una estufa marca FELISA, f) Etapa 6. Extracción de lignina mediante adición de ClO₂ al 10% homogenización a 1400 rpm por 30 min, lavado con agua destilada, g) Etapa 7. Adición de NaOH al 1M, homogenización a 1400 rpm por 30min, lavado con agua destilada, h) Etapa 8. Secado y molienda de la celulosa obtenida e i) Etapa 9. Caracterización mediante FT-IR marca Perkin Elmer modelo Frontier en la región 4000-400cm⁻¹.

Resultados y discusión

A partir del muestreo en el mercado local de Sahuayo, Michoacán, y del acondicionamiento de la muestra (Figura 1a), se efectuó una separación de la corona de piña. El material acondicionado fue sometida a pre-hidrólisis, en la cual se logró obtener un sedimento de color oscuro (Figura 1b). En las Figuras 2a y 2b se presentan los resultados obtenidos, mediante FTIR para las muestras de corona de piña y de celulosa respectivamente, en donde se logran apreciar las bandas de absorción

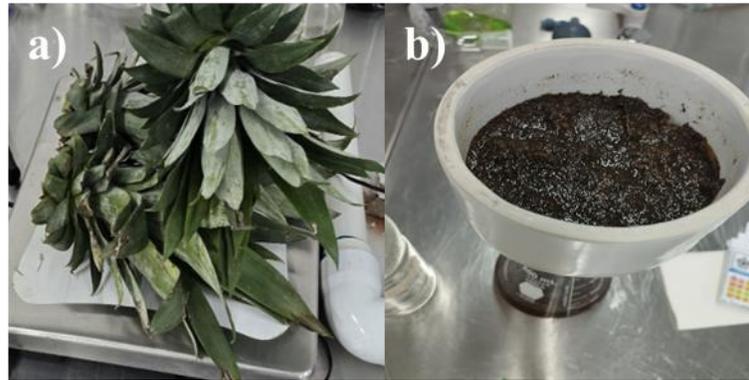


Figura 1. Procesamiento de muestras. a) Corona de piña (*Ananas comosus L.*), antes de la obtención, b) Después b) btención

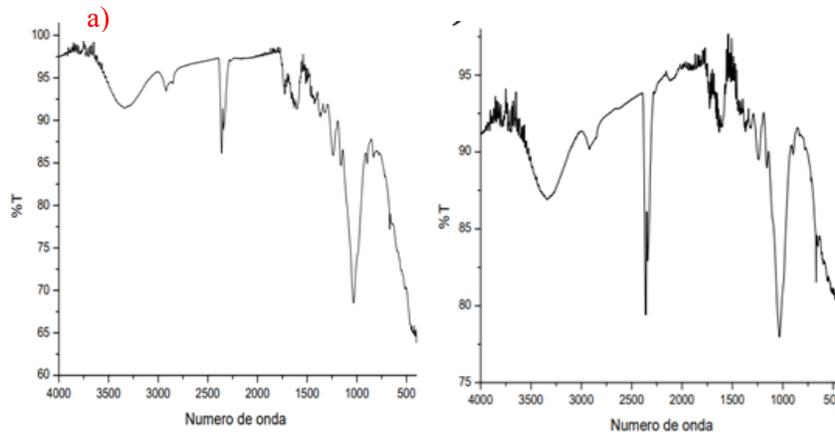


Figura 2. Caracterización mediante FT-IR. a) Corona de piña fresca sin ningún tratamiento y b) Celulosa de corona de piña.

características en la región de $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ correspondientes al grupo OH, se presenta un desplazamiento del pico en 2900 cm^{-1} , el cual representa una banda de estiramiento del grupo funcional C-H, de igual manera se logra apreciar bandas con un ligero desplazamiento en la región de 1640 cm^{-1} es propio de un grupo de flexión de CH_2 de igual manera se presenta un pico en 1030 cm^{-1} perteneciente a un enlace sencillo de C-C, de modo que las bandas de absorción identificadas coinciden con lo descrito por Presenda-Gerónimo *et al.* (2020) y por Antonio-Cruz R *et al.* (2012) para la celulosa.

Conclusiones

Fue posible la obtención de celulosa a partir del residuo de las coronas de piña, donde se empleó una catálisis ácida, resultando con características que concuerdan con lo reportado en la literatura.

Referencias

Chaparro Montoya Efrén, Mayta Huiza Dora, Llamoca Domínguez Edwin, Choquechua Mamani Diana, Otero Nole Kristy (2020) Extracción De Celulosa A Partir De Cáscara De Tuna Y Corona De Piña. *Revista Ciencia y Tecnología Para el Desarrollo -UJCM* 2020; 6(11):25-31.

Presenda-Gerónimo Andrea, Bolio-López, Gloria I., Azamar-Barrios Veleza Lucien, Ramírez-Casillas José Antonio, Sarracino-Martínez Omar, Hernández-Villegas Manuel Mateo, De la Cruz-Burelo Patricia (2020) Isolation of cellulose from pineapple waste (*Ananas comosus L. Merrill*) *Agro productividad* 13(2): 77-82.
<https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1608>

Antonio Cruz Rocío, Mendoza Martínez Ana M., Chávez Cinco M. Yoland , Rivera Armenta J. Luis y Cruz Gómez M. Javier. (2011). Pineapple bagasse utilization to produce cellulose and bio-ethanol. *Afinidad LXVIII*, 551

Escenarios de cambio climático mediante el CMIP6 en el Distrito de Desarrollo Rural Atlacomulco

Cruz-González Alejandro^{a✉},
Arteaga-Ramírez Ramón^b,
Sánchez-Cohen Ignacio^c,
Soria-Ruiz Jesús^d y
Monterroso-Rivas Alejandro Ismael^e

^aPosgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

^bDepartamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

^cInstituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria, CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango.

^dLaboratorio de Geomática, Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria, Estado de México.

^eDepartamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, México.

✉ alex_cg20@hotmail.com

Palabras clave: Cambio climático, Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP), Modelo de Circulación General (MCG).

Introducción

El calentamiento global y el cambio climático, son las alteraciones antropogénicas más preocupantes para la humanidad en la actualidad, debido a sus severos impactos en la estructura y funcionamiento de las diferentes formas de vida y sistemas productivos (Manzanilla-Quíñonez, 2018). Los MCG se

utilizan para simular cambios en la circulación atmosférica y pronosticar alteraciones climáticas, proporcionan los medios más directos para evaluar la sensibilidad climática efectiva (Khan & Naeem, 2023). Las predicciones climáticas recientemente desarrolladas, están impulsadas por un conjunto de escenarios de uso de la tierra y emisiones de GEI, construidos sobre los SSP, que representan escenarios futuros alternativos y confiables (Mohammed & Hassan, 2022). El objetivo de este estudio, es generar proyecciones de cambio climático que sirvan como guía útil para la gestión de los diferentes ecosistemas y sistemas productivos, a escala local en el Distrito de Desarrollo Rural Atlacomulco (DDRA), el cual, es considerado como el principal productor de cereales en el Estado de México.

Metodología

Se emplearon 30 estaciones meteorológicas con un registro de 1985-2017, analizando las variables de temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) y precipitación (PP). Se utilizó LARS-WG 8, como modelo de reducción de escala, empleando el MCG MRI-ESM2-0 del CMIP6 con los escenarios SSP-4.5 y SSP-8.5, para tres horizontes de tiempo; cercano (2021-2040), medio (2041-2060) y lejano (2061-2080).

Resultados y discusión

La Figura 1a, indica que hay aumentos en la Tmax y Tmin para todos los escenarios proyectados por los dos SSP. Para estas variables se muestra que a mayor SSP, será un mayor potencial de incremento futuro, estableciéndose los mayores cambios hacia el horizonte lejano (2061-2080). El escenario ssp2-4.5, proyecta un incremento del 5% para

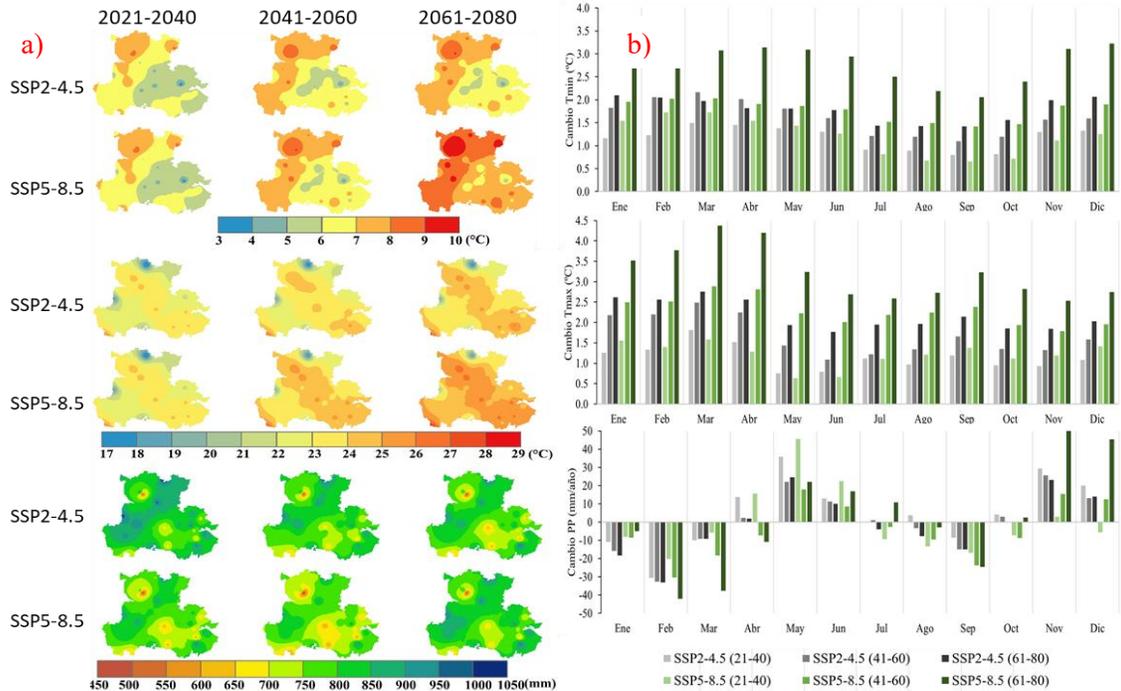


Figura 1. a) Distribución espacial de la Tmax, Tmin y PP para los diferentes escenarios de cambio climático. b) Aumento potencial de la Tmax, Tmin y PP con respecto al 1985-2017

la PP durante el horizonte 2021-2040, hacia el periodo 2061-2080 se identifica un incremento para la Tmax y Tmin de 1.7 °C y 2.1 °C respectivamente. Para el escenario ssp5-8.5, la PP media anual podría disminuir hasta en 5% en el horizonte 2041-2060, en la Tmin se proyecta un incremento de hasta 2.7 °C para el periodo 2061-2080, mientras que, para este mismo horizonte, la Tmax podría alcanzar hasta un aumento de hasta 3 °C con respecto a la media histórica. En la figura 1b, se muestra la proyección de la Tmin y Tmax mensual para ambas trayectorias, se puede identificar un incremento en todos los meses, siendo enero, febrero, marzo y abril los de mayor impacto, mientras que, para la PP mensual, se observa para ambos escenarios SSP, un decremento de hasta 30 mm/año durante la estación seca, se observa un incremento durante los dos primeros meses de la estación húmeda (mayo y junio), mientras que, para

agosto y septiembre, se proyectan decrementos superiores al 10%, siendo estos los meses de mayor precipitación. El aumento de temperatura que se presenta en este estudio, es consistente con el aumento continuo del calentamiento observado para finales del siglo XXI por el CMIP6, en el cual, se indica a nivel mundial, un incremento de 1.1 °C en el SSP1-2.6 a 5.4 °C con el SSP5-8.5 (IPCC, 2021). Manzanilla-Quíñonez *et al.* (2018) reportaron para el periodo de 2045-2069, un incremento en la temperatura media de 1.8 °C a 2 °C mediante el RCP-8.5, así como una disminución de la PP de hasta 100 mm año⁻¹ con respecto a la media histórica del periodo 1902-2011 (1090 mm año⁻¹), en el área natural protegida del Nevado de Toluca, Estado de México.

Conclusiones

Es probable que las proyecciones con base en

el MCG MRI-ESM2-0, puedan generar un clima más cálido y seco en el DDRA mediante el SSP5-8.5. El aumento de la temperatura y la disminución de los cambios en la precipitación del horizonte lejano, pueden ser mayores que los proyectados en el horizonte cercano. Con lo cual, los resultados pronostican un cambio climático futuro inminente, alterando los diferentes ecosistemas y actividades productivas.

Modeling Earth Systems and Environment. 8(3), 4205-4218.
<https://doi.org/10.1007/s40808-022-01358-x>

Referencias

IPCC (2021). Climate Change 2021: The physical science basis. In Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2.

Khan, S.F. y Naeem, U.A. (2023). Future climate projections using the LARS-WG6 downscaling model over Upper Indus Basin, Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7).
<https://doi.org/10.1007/s10661-023-11419-y>

Manzanilla-Quiñonez, U., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J. y Yerena-Yamallel, J. I. (2018). Escenarios de cambio climático (CMIP-5) para tres áreas naturales protegidas en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50).
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.255>

Mohammed, Z.M. y Hassan, W.H. (2022). Climate change and the projection of future temperature and precipitation in southern Iraq using a LARS-WG model.

Remoción de turbidez en aguas residuales domésticas empleando un biocoagulante producido con cáscara de tuna

Carrillo Ávila Guadalupe Abigail^a,
Aguilera Flores Miguel Mauricio^{a*},
Ordaz Aguayo Daniela Michelle^a
Ávila Vázquez Verónica^a y
Sánchez-Mata Omar^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental. Calle Circuito Cerro del Gato No. 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160.

✉ maguileraf@ipn.mx

Palabras clave: Biocoagulantes, cáscara de fruta, eficiencia de remoción de turbidez, mucílago

Introducción

La contaminación de los recursos hídricos sigue siendo un tópico de atención a nivel mundial. La coagulación-floculación es un proceso aplicado en el tratamiento de aguas residuales que puede ser utilizado como tratamiento primario o terciario para remover la turbidez generada por contaminantes coloidales. En este proceso, se utilizan comúnmente sales de aluminio y fierro como coagulantes químicos. Sin embargo, a pesar de tener altas eficiencias (>80%), generan una gran cantidad de lodos que no se pueden reutilizar, aumentando el costo de disposición de estos residuos. Además, su uso en el agua se ha también asociado con impactos negativos

en el ambiente y la salud humana. En respuesta a esta problemática, se ha despertado un creciente interés en la búsqueda de alternativas de menor impacto ambiental y costo, como los biocoagulantes. Estos biomateriales pueden ser producidos a partir de diferente biomasa, siendo atractivo cuando se valorizan residuos para su producción. Los biocoagulantes muestran competitividad en términos de eficiencia (>40%) y costo respecto a los coagulantes convencionales (Suman *et al.*, 2018; Badawi *et al.*, 2023). Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue remover la turbidez en aguas residuales domésticas empleando un biocoagulante producido con residuos de fruta (cáscara de tuna).

Metodología

Se recolectaron 3 kg de cáscara de fruta (tuna). La obtención del biocoagulante se hizo a partir de la extracción del mucílago de la cáscara, siguiendo la metodología reportada por Aguilera-Flores *et al.* (2024). La muestra de agua residual se recolectó en el punto de descarga de agua residual doméstica, ubicado en el municipio de Guadalupe, Zacatecas, con base en la norma mexicana NMX-AA-003-1980 (SCFI, 1980). El pH, la conductividad eléctrica, y la turbidez fueron los parámetros fisicoquímicos evaluados en la muestra de agua residual, empleando un potenciómetro, conductímetro, y turbidímetro. La eficiencia del biocoagulante se llevó a cabo mediante una prueba de jarras, utilizando un diseño experimental Optimal-D con factores de pH (de 4 a 8.5) y dosis (de 50 a 450 mg/L), tomando como respuesta la eficiencia de remoción de turbidez. Se realizó un análisis estadístico ANOVA y se ajustaron los datos a un modelo matemático para determinar las condiciones óptimas del proceso (pH y dosis).

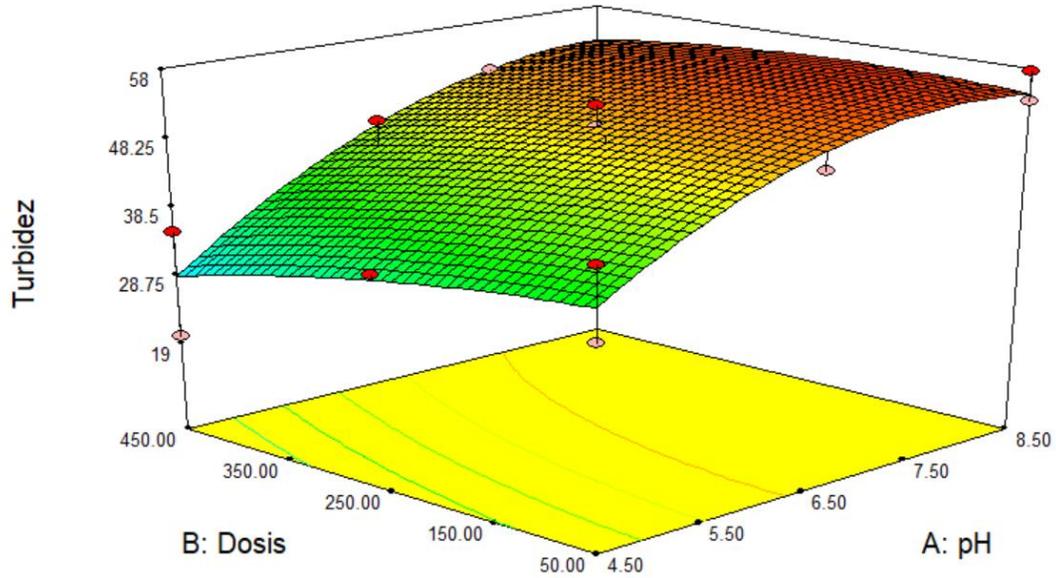


Figura 1. Gráfica de superficie 3D de la remoción de turbidez variando pH del agua residual doméstica y dosis de biocoagulante

Resultados y discusión

Los resultados mostraron que 1 g de biocoagulante es producido a partir de 3 kg de cáscara. Los parámetros fisicoquímicos del agua residual resultaron en un pH de 7.48, conductividad de 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y turbidez de 346 NTU. La turbidez fue el único parámetro que superó 86 veces el límite de calidad (4 NTU) establecido en la normatividad mexicana (SEMARNAT, 2022). Eficiencias de remoción de turbidez entre 6% y 56% fueron obtenidos en las pruebas de jarras (Figura 1), ajustándose los datos experimentales al modelo cuadrático que se muestra en la Ecuación 1.

$$\text{Eficiencia de remoción de turbidez (\%)} = -101.85 + 38.66 \times \text{pH} - 2.47 \times \text{pH}^2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

A partir de este modelo, se determinaron las condiciones óptimas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones óptimas de trabajo

Condiciones óptimas de pH	Dosis de biocoagulante óptimo	% de Remoción de turbidez
7.78	78 mg/L	50.70%

Conclusiones

Se logró producir un biocoagulante a partir de cáscara de tuna, el cual muestra potencial para remover el 50% de turbidez, dosis de biocoagulante de 78 mg/L y sin requerir una modificación en el pH del agua residual, ya que el pH óptimo (7.78) no varía significativamente respecto al pH del agua residual doméstica (7.48). El uso de este biocoagulante podría reducir el consumo de coagulantes químicos a partir de la valorización de residuos de fruta (tuna). Además, puede ser utilizado a bajas dosis y sin modificar el pH del agua residual, lo que podría disminuir el costo de tratamiento de aguas residuales.

Referencias

- Aguilera Flores, M. M.; Robles Miranda, O. E.; Medellín Castillo, N. A.; Ávila Vázquez, V.; Sánchez Mata, O.; Vázquez Bañuelos, R.; Chávez Murillo, C. E. (2024). Evaluation of the Potential of a Biocoagulant Produced from Prickly Pear Peel Waste Valorization for Wastewater Treatment. *Water* 16, 1444. <https://doi.org/10.3390/w16101444>
- Badawi, A. K.; Salama, R. S.; Mostafa, M. M. M. (2023). Natural-based coagulants/flocculants as sustainable market-valued products for industrial wastewater treatment: A review of recent developments. *RSC Advances*, 13, 19335. <https://doi.org/10.1039/D3RA01999C>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SCFI] (1980). Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Aguas Residuales-Muestreo. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166762/NMX-AA-003-1980.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022
- Suman, A.; Ahmad, T.; Ahmad, K. (2018). Dairy wastewater treatment using water treatment sludge as coagulant: A novel treatment approach. *Environment, Development and Sustainability*. 20, 1615-1625. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9956-2>

Clausura y evaluación de costos de un sitio de disposición final de residuos en Momax, Zacatecas

Herrera-González Natalia Estefanía^a,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a✉,
Ávila-Vázquez Verónica^a y
Rodríguez-Martínez Yesika Yuriri^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental. Calle Circuito Cerro del Gato No. 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160.

✉maguileraf@ipn.mx

Palabras clave: Ambiente, bienestar, contaminación, economía, gestión

Introducción

Actualmente, en Momax, Zacatecas se cuenta con un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que requiere ser clausurado acorde a sus condiciones de operación. Considerando que el sitio ha operado por 30 años en condiciones húmedas y es clasificado como tipo D acorde a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004), se tienen registros asociados a los problemas de contaminación que son causados por dos agentes principales: biogás y lixiviados, siendo que dichos agentes se generan durante la etapa de descomposición de los residuos (Vaverková, 2019; Yaashikaa *et al.*, 2022). La falta de regulación del sitio ha derivado en incendios y contaminación de suelo y agua, además de dispersión de residuos, emisión de

gases de efecto invernadero (GEI), proliferación de fauna nociva y consecuente incumplimiento acorde a la normatividad mexicana. Las afectaciones que se tienen en el ambiente resultan en repercusiones a la salud de la población a mediano y largo plazo, especialmente a los individuos que se encuentran expuestos de manera directa (Cucchiella *et al.*, 2017; Siddiqua *et al.*, 2022). Por ello, es necesario realizar una propuesta de clausura que implemente medidas correctivas para reducir los impactos negativos ambientales. A través de la evaluación de costos, es necesario identificar la inversión económica requerida para llevar a cabo la clausura y los beneficios que se pretenden obtener de ella. Un aspecto clave y que representa un reto es que se busca optimizar el aprovechamiento de los recursos económicos ya que no existe una recuperación directa de la inversión económica.

Metodología

El diseño de la propuesta de clausura se realizó a partir de un diagnóstico orientado a los requerimientos establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004) acorde a la clasificación del sitio (tipo D), empleando como herramientas sistemas de información geográfica (SIG) y los antecedentes documentales del sitio. Se seleccionó un sistema para la captación de biogás y para lixiviados basado en caudales proyectados con el modelo mexicano de biogás y el método de balance hidrológico, respectivamente. Los caudales proyectados se contemplan desde el año de clausura hasta el cumplimiento del programa de monitoreo ambiental establecido por un periodo de por lo menos 20 años. Así mismo, se realizó el diseño de dos canales perimetrales trapezoidales para

reducir la entrada de agua en el sitio y consecuente generación de lixiviados basado en las dimensiones típicas según lo establecido por Bagchi (2004). Se determinó el material requerido para la colocación de una geocelda para garantizar la estabilidad del sitio, cercados perimetrales, la cantidad de material de cobertura final requerido cumpliendo con un espesor de 20%, un programa contra incendios basado en la guía de Sánchez-Gómez (2021) y finalmente el diseño del programa de monitoreo que involucra actividades de monitoreo de biogás, lixiviados, aguas superficiales y actividades de mantenimiento. Una vez diseñada la propuesta de clausura, mediante el software Excel de hojas de cálculo se estableció el costo total para llevar a cabo la clausura considerando el costo unitario de los materiales y mano de obra, así como para el programa de monitoreo. Se realizó una proyección de los costos directos de clausura a un plazo de dos años a partir del 2024 y una proyección de 20 años para el programa de monitoreo ambiental basado en el índice nacional de precios al consumidor (INPC) y considerando las tasas de inflación registradas históricamente. Finalmente, se realizó un análisis costo-beneficio donde se considera el costo directo de la clausura y los beneficios que se obtendrán a partir de la misma. En el análisis de beneficios se proporcionó una justificación para la inversión requerida basada en 4 áreas donde la clausura incide de manera directa como lo son ambiente, sociedad, economía y política acorde a lo establecido por la Coalición por el cierre de tiraderos en América Latina y el Caribe (2021).

Resultados y discusión

La propuesta de clausura contempla la colocación

de 2 pozos de venteo con una profundidad de 2 m y un diámetro de 0.2 m para la captación y extracción de biogás que garantizan un radio de captación de por lo menos 25 m. Se propone la implementación de un sistema de recirculación para la evaporación de lixiviados el cual emplea energía eléctrica generada a través de un sistema fotovoltaico compuesto por 4 paneles que permitirá llevar a cabo un ciclo semanal de recirculación de 5 horas. Se propone a su vez la colocación de una geocelda, colocación de 2 canales perimetrales para el desvío de agua de 70 m y 100 m cada uno, el desvío de un cauce intermitente mediante la excavación de una zanja, la rehabilitación de la cerca perimetral, colocación de la capa final con tepetate, y la colocación de señalética correspondiente para las restricciones de acceso con un programa contra incendios en caso de contingencia. El costo de clausura para el año 2024 es de \$251,811.58 MXN que considera los materiales y la mano de obra requerida. Para el costo del programa de monitoreo, se tiene un costo inicial de \$8865.12 MXN que considera las actividades de mantenimiento establecidas. Los beneficios que se obtienen a partir de la clausura involucran reducción en los costos de salud, generación de empleos y mejora en la calidad paisajística a un mediano y largo plazo, los cuales se observan conforme el cumplimiento del programa de monitoreo.

Conclusiones

Se determinó que la ubicación y operación del sitio interfiere con aspectos del ecosistema, generando repercusiones negativas al ambiente, las cuales eventualmente conlleva consecuencias a la salud humana. Al realizar la propuesta para la colocación de los sistemas de control de la contaminación por biogás y

lixiviados, es posible lograr beneficios en el aspecto ambiental, social, económico y político durante la clausura y posterior a ella. Además, con la evaluación de costos, se plantea la inversión requerida asociada a los beneficios que se obtienen a mediano y largo plazo y los cuales se reflejan en el bienestar de la sociedad a través de un ambiente adecuado.

Referencias

Bagchi, A. (2004). *Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management* [3rd ed]. John Wiley & Sons.

Coalición para el cierre de tiraderos en América Latina y el Caribe. (2021). *Guía para el cierre progresivo de tiraderos en América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M. (2017). Sustainable waste management: Waste to energy plant as an alternative to landfill. *Energy Conversion and Management* 131, 18-31.

Sánchez-Gómez, J. (2021). *Guía para el control de incendios en vertederos de residuos sólidos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2004). *NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos*

sólidos urbanos y de manejo especial. *Diario Oficial de la Federación*. México, 20 de octubre de 2004.

Siddiqua, A., Hahladakis, J.N., Al-Attiya, W.A.K.A. (2022). An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(39), 58514-58536.

Vaverková, M. (2019). Landfill impacts on the environment-review. *Geosciences*, 9(10), 431.

Yaashikaa, P., Kumar, P.S., Nhung, T.C., Hemavathy, R., Jawahar, M.J., Nishaanthini, J., Rangasamy, G. (2022). A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. *Chemosphere*, 309, 136627.

Evaluación del estado de conservación del manglar en el sistema lagunar costero de Mandinga, Veracruz

Buendía-Buendía Laura Lisbeth^a✉,
Aldeco-Ramírez Javier^b,
Roldán-Aragón Iván Ernesto^c y
Villegas Alejandro^d

^aEstudiante de la Maestría en Ecología Aplicada, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, 04960, México

^bLaboratorio de Procesos Costeros, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, 04960, México

^cLaboratorio de Planeación Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, 04960, México.

^dCiencia y Comunidad por la Conservación A.C. Baja California Sur, 23079, México.
✉2232800718@alumnos.xoc.uam.mx

Palabras clave: Manglar, servicios ecosistémicos, conservación, ecosistemas costeros, degradación ambiental, cambio de uso de suelo

Introducción

Los manglares son bosques costeros tropicales dominados por mangles, árboles o arbustos con raíces aéreas (neumatóforos) que respiran en suelos inundados. Crecen en estuarios, lagunas y desembocaduras de ríos en regiones tropicales húmedas (CONABIO, 2009). Los manglares se encuentran entre los ecosistemas

más productivos y biológicamente complejos, proporcionan servicios ecosistémicos que sustentan los medios de vida y el bienestar de cientos de millones de personas (Costanza *et al.*, 2017). El objetivo del estudio fue analizar la información de cobertura del bosque de manglar y de las variables hidrológicas del agua, para evaluar el estado de conservación del bosque de manglar en el Sistema Lagunar Costero de Mandinga, Veracruz (SLCM).

Metodología

El SLCM se ubica al norte del municipio de Alvarado, estado de Veracruz, México, en las coordenadas -96.087415°W, 19.051140°N, con una superficie del espejo de agua aproximada de 3,250 ha. Alrededor del SLCM se distribuye bosque de manglar, las especies de mangle presentes son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*). Se aplicó la metodología de “Evaluación del Estado de Conservación de las Eco-regiones Terrestres y de las Unidades de Manglar de América Latina y el Caribe” propuesta por Dinerstein *et al.* (1995). Para ello se usaron variables de cobertura e hidrológicas del manglar (Figura 1), cuya combinación determina el estado de conservación instantáneo y final (Tabla 1). El estado de conservación instantáneo se determinó con datos de cobertura, para determinar el estado de conservación final se incorporó el índice de estado trófico TRIX a partir de variables hidrológicas del sistema lagunar y se realizó un análisis de las amenazas que enfrenta el bosque de manglar.

Resultados y discusión

Los resultados indican que el manglar del SLCM se encuentra en un estado vulnerable, al

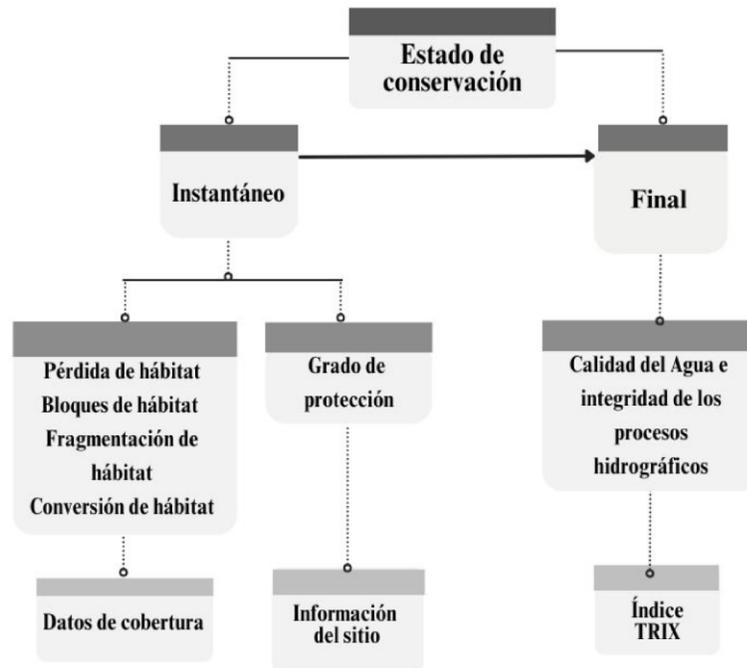


Figura 1. Métodos utilizados para determinar el estado de conservación (Dinerstein *et al.*, 1995) modificado

obtener un puntaje de 50 según lo indicado en la (Tabla 1), debido a tres principales amenazas: modificación del flujo hidrológico natural; el cambio de uso del suelo, especialmente por la urbanización; y la expansión de la ganadería en áreas adyacentes (Buendía-Buendía *et al.*, 2021). Estas presiones antropogénicas han reducido significativamente la cobertura de manglar y afectan el ecosistema lagunar. La conservación del manglar no debe depender solo de políticas restrictivas, sino de una gestión que promueva la resiliencia ecológica.

Es fundamental que el municipio limite la concesión de permisos de construcción que amenazan el ecosistema. Además, la participación activa de la comunidad es clave para garantizar la sostenibilidad del manglar, involucrándolos como actores principales en su protección y manejo.

Tabla 1. Estado de conservación

Puntos	Estado de conservación
0-6	Relativamente intacto
7-36	Relativamente estable
37-64	Vulnerable
65-88	En peligro
89-100	Crítico

Fuente: Dinerstein *et al.* (1995)

Conclusiones

La evaluación del estado de conservación instantáneo del bosque de manglar, tuvo como resultado 38 puntos, y la calidad del agua, sumo 12 puntos, se obtuvo un total de 50 puntos. Este resultado indica que el estado de conservación del ecosistema se encuentra en una categoría vulnerable.

Referencias

Buendía- Buendía, L. L., Aldeco-Ramírez, J., Roldán-Aragón, I. E. (2021). Cambios en la cobertura del bosque de mangle

(2000-2017) en el sistema lagunar costero de Mandinga, Veracruz, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 21(41), 54-76.

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?. *Ecosystem services*, 28, 1-16.

Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P., Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington, DC, USA: Banco Mundial. p. 135.

CONABIO. (2009). Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.

Impacto de un incendio reciente en la biomasa de aves de bosque de altura en Michoacán

Burgos-Méndez Roxanna^a y
Villaseñor-Gómez José Fernando^b✉

^aIngeniería en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Sonora. 8500 Ciudad Obregón, Sonora, México.

^bLaboratorio de Investigación en Ornitología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 58030 Morelia, Michoacán, México.
✉jose.fernando.gomez@umich.mx

Palabras clave: diversidad funcional, comunidad biológica, gremios alimenticios, avifauna.

Introducción

Las comunidades biológicas están integradas por conjuntos de poblaciones que forman parte de una red de relaciones ecológicas que sustentan el funcionamiento de un ecosistema, involucrando intercambios de materia y energía. La diversidad funcional ha intentado comprender la estructura de las comunidades tomando en cuenta su composición y el desempeño de los individuos participantes en un ecosistema (Colorado-Zuluaga, 2015). Los gremios alimenticios son útiles para realizar estudios comparativos de comunidades, ya que permiten concentrar el análisis en grupos específicos que comparten una relación funcional específica; frecuentemente han sido usados para analizar la respuesta de grupos animales ante cambios ambientales (Gómez-Ortiz & Moreno, 2017). La estructura natural

de una comunidad puede verse modificada por efecto de disturbios antropogénicos o naturales (Siqueira *et al.*, 2015). Los incendios son descritos como regímenes de disturbios que modifican los ecosistemas terrestres en múltiples variables ambientales y ecológicas (Roces-Díaz *et al.*, 2022). Los cambios en la disponibilidad de recursos alimenticios son un efecto indirecto que afecta a las comunidades animales, a la composición y la estructura de la vegetación y se reflejan en la oferta de recursos, provocando una respuesta directa (positiva y/o negativa) en la avifauna presente (Hutto, 2016). El objetivo de este trabajo ha sido comparar el efecto de los cambios en la disponibilidad de recursos y estructura de hábitat, a través del análisis de gremios alimenticios y su biomasa después de un incendio reciente.

Metodología

El estudio se realizó en el Cerro Somera, en Tlalpujahua de Rayón, Michoacán, donde predominan los bosques de encino-cedro-junípero. El incendio que afectó el área de estudio fue de origen antropogénico, de intensidad variable y tuvo una duración de cinco días; a tres meses del suceso, el bosque se encuentra en proceso de sucesión secundaria con algunos árboles que mantienen hojas secas. En algunos sitios el incendio fue de alta intensidad y la vegetación se quemó por completo, quedando únicamente troncos carbonizados con ausencia completa de sotobosque. Para el muestreo de aves se utilizó el método de conteo por puntos, consistente en el establecimiento de transectos de diez puntos independientes separados por 200 m entre sí; los conteos se realizaron entre las 7:00 a 11:00 am y en ellos se registraron todas las especies de aves detectadas de manera visual y auditiva

con la ayuda de binoculares y guías de campo. Se realizaron 16 transectos dentro del bosque y el área afectada por el incendio en el Cerro Somera durante el mes de junio de 2024. La biomasa se calculó multiplicando el número de individuos registrados de cada especie por su peso promedio, lo que permitió determinar estadísticamente si existieron diferencias en la biomasa representada entre sitios de estudio, a través de pruebas de análisis de varianza (ANOVA).

Resultados y discusión

La biomasa total de aves fue mayor en el bosque en todos los grupos funcionales y disminuyó a consecuencia del incendio reciente. El grupo de los frugívoros tuvo la mayor representación de biomasa total (4502.8 g), seguido por los omnívoros (3555.3 g) e insectívoros (2234.38 g). Los nectarívoros fueron el gremio que tuvo la menor representatividad en ambos sitios. Los resultados muestran que la biomasa promedio por conteo de aves insectívoras fue ligeramente mayor en los sitios afectados por el incendio, como un reflejo de la disponibilidad de insectos presa (Figura 1).

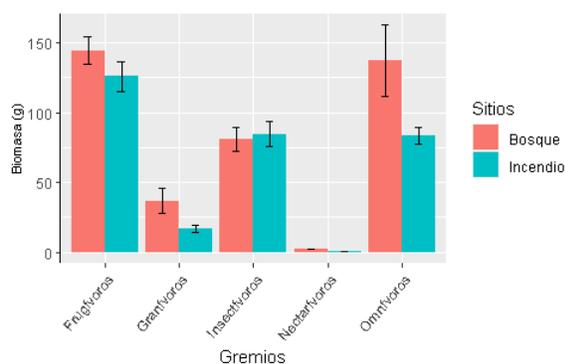


Figura 1. Biomasa promedio en diferentes gremios en Bosque y Sitios de incendio.

El análisis de varianza no mostró una diferencia significativa entre la biomasa de las aves pertenecientes a este gremio, lo cual sugiere que el aprovechamiento del recurso alimenticio y la representación de biomasa en dichas aves no se vio afectada después del disturbio.

Conclusión

Los resultados permitieron visualizar la respuesta de diferentes grupos funcionales de aves ante un incendio reciente, usando la biomasa como proxy de energía para tener una idea acerca del uso de los recursos disponibles, así como el papel que cumplen las especies en las comunidades de las que forman parte. El uso de biomasa como herramienta para analizar la diversidad funcional de comunidades animales proporciona una perspectiva innovadora acerca de la dinámica del uso de los recursos en un ecosistema. Los resultados de este trabajo permiten tener una visión sobre la forma en que se modificó el uso de recursos y la biomasa representada por las especies frente a un incendio forestal reciente; la biomasa de los gremios alimenticios representados en las comunidades de aves permitió determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y la caracterización de cambios en la diversidad funcional y sus diferencias entre los sitios, lo que refleja la forma en que el desempeño de las especies se modifica con relación a la oferta de recursos y el funcionamiento del ecosistema.

Referencias

Colorado-Zuluaga., G. J. (2015). How Ecological Communities are Structured: A Review on Ecological Assembly Rules. *Revista EIA*, 12(24), 27-53. Doi:

<http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.24.27-53>

Hutto Richard L., Patterson David A. (2016) Positive effects of fire on birds may appear only under narrow combinations of fire severity and time-since-fire. *International Journal of Wildland Fire* 25, 1074-1085. <https://doi.org/10.1071/WF15228>

Gómez–Ortiz, Y. & Moreno, C. E. (2017). La diversidad funcional en comunidades animales: una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation*, 40(2). <https://doi.org/10.32800/abc.2017.40.0165>

Roces-Díaz, J. V., Santín, C., Martínez-Vilalta, J., & Doerr, S. H. (2022). A global synthesis of fire effects on ecosystem services of forests and woodlands. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20(3), 170–178. <https://doi.org/10.1002/FEE.2349>

Siqueira, T., Lacerda, C. G.-L. T., & Saito, V. S. (2015). How Does Landscape Modification Induce Biological Homogenization in Tropical Stream Metacommunities? *Biotropica*, 47(4), 509–516. doi: <https://doi.org/10.1111/btp.12224>

Fitorremediación de elementos potencialmente tóxicos de jal de mina con *Aloe vera* y BPCV

Zamora-Bautista Verónica^a,
Juárez-Meneses Mayté^a,
Juárez-Santamaría Juana Deisy^a,
Mendoza-Hernández José Carlos^a✉ y
Téllez-Pérez Victoria^a

^aFacultad de Ingeniería Química, Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad
Universitaria Av. Sn. Claudio y, Blvd. 18 Sur
Col. Jardines de San Manuel, 72570 Ciudad
de Puebla, Puebla, México.
✉josecarlos.mendoza@correo.buap.mx

Palabras clave: Fitorremediación, jal, *Aloe vera*, bioacumulación, fitoestabilización

Introducción

La minería impacta de manera negativa al medio ambiente debido a los Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) presentes en jales (tipo de desecho minero), pues influyen en la composición de comunidades bióticas, eliminación de la vegetación, así como en efectos perjudiciales a la salud (Espinosa, *et al.*, 2014). Uno de los problemas ambientales en Zimapán, región minero-metálica del estado de Hidalgo, es generado por el considerable volumen de residuos de jales de mina que han sido depositados por décadas, destacando en ellos la presencia de As, Pb, Fe, Zn, Cu, etc. (SEMARNAT, 2024). Se ha reportado que las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV), empleadas como bioinoculantes o biofertilizantes, han desarrollado mecanismos (ej.: la

bioacumulación de iones metálicos en el interior de la célula) que disminuyen la toxicidad metálica y favorecen el crecimiento de plantas en suelos contaminados por metales pesados. Por medio de la producción de sustancias, el crecimiento de las plantas se ve promovido por la alteración de la comunidad microbiana de la rizosfera que provocan las BPCV (Ahemad, 2014). La fitorremediación surge entonces como una solución alternativa, pues se ha demostrado que las plantas son acumuladoras de contaminantes en suelo y agua. El objetivo de este trabajo es evaluar la Fitorremediación de EPT de jal de mina en plantas de *Aloe vera* asistidas con BPCV.

Metodología

Se propagaron nueve bacterias denominadas K120 (*Serratia*), MC119 (*Serratia*), K131 (*Enterobacter*), MC173 (*Klebsellia*), N9 (*Enterobacter*), K125 (*Enterobacter*), MC107 (*Serratia*), MC156 (*Enterobacter*) y MC81 (*Enterobacter*), caracterizadas como BPCV en medio LB, incubadas a 30°C por 48 horas y separadas por centrifugación. Se resuspendieron en buffer de fosfatos y se ajustó la concentración a 1×10^9 UFC/mL. Se formaron 4 consorcios microbianos, siendo el Consorcio 1 compuesto por K120, N9 y K131; el Consorcio 2 por MC173, MC119 y MC81; el Consorcio 3 por K120, MC119 Y MC156, y el Consorcio 4 por K131, MC173 y N9. Se adaptaron 28 plantas de *Aloe v.* escogidas de manera aleatoria, a un sustrato orgánico. Se inocularon con las BPCV individualmente y en consorcios, dejando a 2 como controles, es decir, sin BPCV. Tras adaptarse, las plantas fueron sometidas a un sustrato con jal de mina, y se sembraron e inocularon nuevamente. Pasado un periodo de readaptación, se repitió la inoculación. Finalmente, las plantas se

prepararon para digestión siguiendo el Método EPA 3052 (EPA, 1996). Se midieron los analitos por medio de espectrofotometría de absorción atómica (AAS) para determinar las concentraciones de As y Pb en hojas y en raíces.

Resultados y discusión

Las concentraciones obtenidas en ppm (mg/L) fueron convertidas a mg/kg para la determinación de factores como bioacumulación (BAF), transferencia (TF) y traslocación (TFt). Los promedios de las concentraciones de As y Pb fueron en su totalidad mayores las de raíces que las de hojas. En las Tablas 1 y 2 se destacan las concentraciones más importantes de As y Pb respectivamente, con diferencia significativa $p < 0.05$.

Tabla 1. Promedio de concentraciones de mayor importancia de As en mg/kg

Tratamiento	Hojas (mg/kg)	Raíces (mg/kg)
Control	3	220.8503521
MC119	51.85	480
K125	2.35	388.5782227
Consortio 1	0	214.0793103
Consortio 2	60.95	224.9109426

El tratamiento MC119 mostró una alta concentración en raíces y el BAF más elevado (0.000488249) y un TF de 0.108 equilibrado respecto a los demás, indicando una mayor acumulación en raíces que en hojas. En tanto que el C1 presentó la concentración más baja en hojas, obteniendo el BAF y TF de menor valor (0.000196529 y 0, respectivamente).

Tabla 2. Promedio de concentraciones de mayor importancia de Pb en mg/kg

Tratamiento	Hojas (mg/kg)	Raíces (mg/kg)
Control	14.95	93.14061033
MC173	103.15	234.0822902
MC119	26.55	200.85
Consortio 3	21	66.3020803
Consortio 4	24.4	160.1793103

El TFt de mayor valor fue el obtenido por el C2 (0.270996152) y el más bajo de K125 (0.006047688). El tratamiento MC173 mostró la mayor concentración en raíces y el BAF más elevado (0.000309586), mientras que el C4 presentó un alto TF (0.555), destacando su capacidad para movilizar Pb hacia las hojas. El TFt de mayor valor fue el obtenido por el C4 (0.000103186) y el menor MC119 (0.1321882).

Los resultados sugieren un proceso de fitoestabilización, ya que las concentraciones al ser mayores en raíces, evidencian que el tipo de fitorremediación que predominó en las plantas inducidas a BPCV fue la fitoestabilización. Por otro lado, los resultados también revelan que el *Aloe v.* no es una especie hiperacumuladora de As y Pb, ya que los valores de BAF fueron menor a 1. Sin embargo, la acumulación ocurrió principalmente en las raíces, ya que 85.71% de los valores de BAF fueron más elevados respecto al valor del control (0.000205499) en As, y 85.71% de los valores de BAF fueron más elevados respecto al control (0.000099229) en Pb. Esto coincide con Dobbis *et al.* (2021), quienes reportaron valores de BAF más elevados en *A. cryptopoda*, aunque tampoco es hiperacumuladora.

Conclusiones

El tratamiento MC119 mostró una buena capacidad para bioacumular y transferir As y, aunque no fue el más efectivo en Pb, tuvo un impacto considerable en términos de bioacumulación, destacando la versatilidad de *Serratia* en ambos metales. En el As y Pb, bacterias como la MC119 y el C4 aumentaron los valores de BAF respectivamente, mientras que C1 y C3 disminuyeron el valor de BAF en

As y Pb respectivamente, así como K125 y MC119 para TFt. En cuanto TF para As y Pb, el Consorcio 1 y K125 lo disminuyeron respectivamente. Esto significa que MC119 (*Serratia*) es una bacteria que promueve la retención de metales en las raíces evitando su translocación hacia las hojas y que debería emplearse en investigaciones futuras.

Referencias

- Ahemad, M. (2014). Remediation of metalliferous soils through the heavy metal resistant plant growth promoting bacteria: Paradigms and prospects. *Arabian Journal of Chemistry*. Volume 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.020>
- Dylan, C., Joao, M.S. & Stefan, J.S. (2021). Screening the phytoextractability of trace metals by *Aloe cryptopoda* Baker and *Aloe vera* (L.) Burm.f. cultivated in mine tailings. *South African Journal of Botany*. (2021)140, 110-113. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.042>
- EPA. (1996). METHOD 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices.
- Espinosa Reyes, G., González Mille, D.J., Ilizaliturri Hernández, C.A., Mejía Saavedra, J., Cilia López, V.G., Costilla Salazar, R., & Díaz-Bariiga, F. (2014). Effect of Mining Activities in Biotic Communities of Villa de la Paz, San Luis Potosí, México. *BioMed Research International*, Volume 2014, 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/165046>
- SEMARNAT. (2024). Bitácora ambiental. Programa de Ordenamiento Ecológico de Territorio de Municipio de Zimapán, Hidalgo. Pág. 31. Recuperado de: https://bitacora.semarnath.gob.mx/documentos/zimapan/Zimapan_CARACTERIZACION.pdf

Caracterización fisicoquímica de un biopolímero natural obtenido a partir de residuos acuícolas

Delgado-García Erika^a,
Villegas-Peralta Yedidia^{a✉},
Sánchez-Duarte Reyna Gpe.^a,
Martínez-Macías María del Rosario^b y
González-Tineo Perla Alejandrina^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bUniversidad de Sonora, Ciencias de la
Salud. Blvd. Bordo Nuevo s/n, antiguo Ejido
Providencia, Cd. Obregón, Sonora, México.
CP 85010.

✉yedidia.villegas5151@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Nanopartículas, quitosano, camarón, aprovechamiento

Introducción

A partir del aprovechamiento de residuos de cáscaras de camarón es posible obtener quitosano; éste posee propiedades de reactividad y solubilidad, es no tóxico y biodegradable y posee actividad antimicrobiana. En la industria, el quitosano tiene aplicaciones en distintas áreas: para cosméticos, producción de papel, tratamiento de aguas residuales, membranas y procesos de alimentos (Bauer *et al.*, 2022). El quitosano para poder ser utilizado debe cambiar su forma física, el cual puede ser modificada a geles, films, perlas, micropartículas, nanopartículas, membranas y otros. Las nanopartículas de quitosano (Nq) exhiben propiedades ventajosas como una alta capacidad de

adsorción atribuida a sus pequeños tamaños, biodegradables y biocompatibles (El-Aziz *et al.*, 2019), es por lo anterior que se vuelve necesario conocer las características fisicoquímicas de las Np para determinar su posible aplicación en diversos campos de la ciencia.

Metodología

Para la preparación de Nq se utilizó el método de gelificación iónica reportado por Calvo *et al.* (1997) con modificaciones. Se utilizó quitosano previamente obtenido de cáscaras de camarón. Inicialmente, se preparó una solución de quitosano al 0.5% en una solución de CH₃COOH al 5%, se dejó reposar durante 24 h. Posteriormente, se le goteó una solución de TPP (tripolisfosfato) al 0.14% bajo agitación constante. La solución final se congeló por 24 h, la suspensión resultante una vez descongelada se centrifugó por 40 min a 6000 rpm, luego, se liofilizó a -49°C en un equipo LabConco. Para la caracterización de las Nq, el análisis elemental (humedad y cenizas) se siguió con método descrito por APHA (2017). Para la identificación de grupos funcionales se utilizó la técnica de Espectrometría de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR-Nicolet Is5) con el método de reflectancia difusa. El análisis termogravimétrico (STA-PerkinElmer STA6000) fue llevado a cabo de 30 a 650°C bajo atmósfera de N₂. El tamaño de partícula fue determinado con un equipo de dispersión de luz dinámica (DLS-Malvern).

Resultados y discusión

Los resultados de humedad y cenizas para Nq fueron 0.012% de humedad y 0.43 % de cenizas, los cuales difieren al trabajo de Talab & Hussein (2023), quienes reportaron humedad

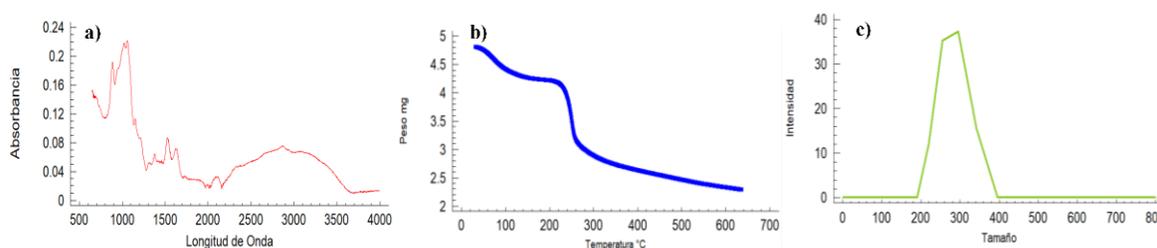


Figura 1. Análisis de a) FTIR, b) STA y c) DLS de nanopartículas de quitosano

de 5.50 % y cenizas de 1.87 % para Nq a partir de la misma materia prima.

En la Figura 1a, el espectro FTIR un pico a 2890.40 cm^{-1} corresponde al estiramiento –CH. Es importante observar la reducción del pico correspondiente a la amida I en 1633.61 cm^{-1} y la desaparición del pico de amida II que se desplazó a 1545.20 cm^{-1} , el cual es similar al reportado por Villegas-Peralta *et al.* (2018). En la Figura 1a, el espectro FTIR un pico a 2890.40 cm^{-1} corresponde al estiramiento –CH. Es importante observar la reducción del pico correspondiente a la amida I en 1633.61 cm^{-1} y la desaparición del pico de amida II que se desplazó a 1545.20 cm^{-1} , el cual es similar al reportado por Villegas-Peralta *et al.* (2018). En el análisis térmico por STA de Nq, se observan dos etapas, la primera etapa, corresponde a la pérdida de moléculas de agua en un rango de $30.73\text{--}223.14^\circ\text{C}$. La segunda etapa, se produce entre 200.18 y 336°C , está asociada a la descomposición térmica de la cadena principal del quitosano, como lo reportaron Ahmed *et al.* (2024), quienes informaron una pérdida de peso en el rango de 190 a 380°C . Este comportamiento es coincidente con la degradación térmica del quitosano. Por otro lado, Benchamas *et al.* (2021) reportaron que Np puede variar de 20 a 930 nm , obteniendo en este estudio por DLS un rango de tamaño de partícula de 200 a 400 nm , lo que se encuentra dentro del rango reportado por dichos autores. Conclusiones.

Las nanopartículas de quitosano obtenidas presentan características físicas y térmicas adecuadas para diversas aplicaciones. Los resultados del FTIR sugieren modificaciones presentes en la estructura molecular. El análisis térmico mostró una buena estabilidad hasta los 200°C , seguida de la descomposición de la cadena principal del quitosano. Además, el rango de tamaño promedio de 200 a 400 nm , determinado por DLS, se encuentra dentro del rango esperado. Estos hallazgos refuerzan su posible utilización para usos en áreas como la biomedicina.

Referencias

- Ahmed, M. E., Mohamed, M. I., Ahmed, H. Y., Elaasser, M. M., & Kandile, N. G. (2024). Fabrication and characterization of unique sustain modified chitosan nanoparticles for biomedical applications. *Scientific Reports*, *14*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64017-4>
- Benchamas, G., Huang, G., Huang, S., & Huang, H. (2021). Preparation and biological activities of chitosan oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, *107*, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.027>

El-Aziz, M. A., Morsi, S., Salama, D. M., Abdel-Aziz, Elwahed, M. S. A., Shaaban, E., & Youssef, A. (2019). Preparation and characterization of chitosan/polyacrylic acid/copper nanocomposites and their impact on onion production. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 856–865.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.155>

Talab, A., & Hussein, A. (2023b). Synthesis and Characterization of Chitosan Nanoparticles from some Crustacean Wastes. *Egyptian Journal of Chemistry*.
<https://doi.org/10.21608/ejchem.2023.228113.8401>

Villegas-Peralta, Y., Correa-Murrieta, M. A., Meza-Escalante, E. R., Flores-Aquino, E., Álvarez-Sánchez, J., & Sánchez-Duarte, R. G. (2018). Effect of the preparation method in the size of chitosan nanoparticles for the removal of allura red dye. *Polymer Bulletin*, 76(9), 4415–4430.
<https://doi.org/10.1007/s00289-018-2601-x>

Desarrollo de una película biodegradable a partir de celulosa de palma reforzada con polisacáridos

Tirado-Vásquez Alfredo^a,
Cadenas-González María Teresa^b✉,
Castañeda-Castañeda Carlos Belisario^c y
Ramos-Valencia José Juan^c

^aDivisión Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Popular de la Chontalpa, 86500, Cárdenas, Tabasco, México.

^bLaboratorio de Sustentabilidad Energética. Ingeniería y Construcción de Plantas. Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A.C), 86693 Cunduacán, Tabasco, México.

^cDirección de Ingeniería y Construcción de Plantas. Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A.C.), Querétaro, Qro, México.

✉teresa.cadena@ciateq.mx

Palabras clave: Biodegradable, celulosa, polisacáridos.

Introducción

La producción de palma de aceite en México ha incrementado en un 60% en los últimos 5 años generando alrededor de 1,1 t de fibras/t de aceite producido (Shinoj *et al.*, 2011), estos residuos podrían ser utilizados como materia prima en la elaboración de biocompuestos. Lo cual permitiría su eliminación, ocasionando menor impacto a nivel ambiental y social, ya que este tipo de materiales aportan nuevas funcionalidades como la biodegradación y sustentabilidad. El propósito del proyecto es obtener un prototipo de biopelícula flexible y que cumpla características mecánicas y físicas

para su posterior aplicación.

Metodología

Se colectó, lavó, secó y trituro el bagazo de palma. La fibra de bagazo se le aplicó hidrolisis ácido-alcalina para la extracción de celulosa: pretratamiento con NaOH al 10%, hidrolisis ácida con H₂SO₄ al 0.4%, cloración solución al 3.5% de NaClO, extracción alcalina con una solución al 20 % de NaOH y finalmente un blanqueamiento con NaClO al 0.5%, la fibra resultante fue lavada hasta pH neutro en cada etapa (Cadenas *et al.*, 2022). La celulosa obtenida se mezcló con agua y un polisacárido natural hasta solubilidad completa a 50 °C durante 20 min. A la mezcla resultante se le incorporó glicerol agitando constantemente. Finalmente se extendió en una placa de zinc y fue llevada a un horno de secado a 55 °C durante 24 h.

Resultados y discusión

La película resultante presentó buenas características respecto a elasticidad y resistencia, las cuales son importantes al momento de elaborar productos de buena calidad (Figura 1).



Figura 1. Película biodegradable de bagazo de palma reforzada con polisacáridos

Se caracterizó la biopelícula mediante equipo FT-IR. El espectro correspondiente a la celulosa (Figura 2) muestra una banda que corresponde a 1370 cm⁻¹ la cual es característica

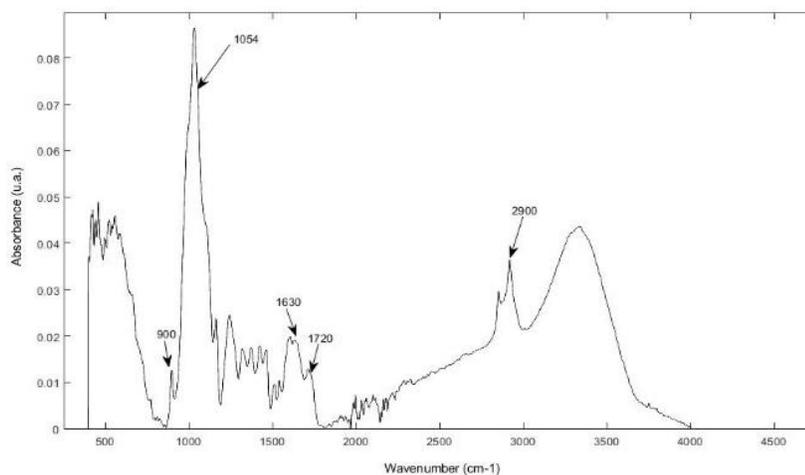


Figura 2. FT-IR de bagazo de palma de aceite

de la celulosa. El pico a 1731 cm^{-1} está relacionado con los enlaces $\text{C}=\text{O}$ de las cetonas no conjugadas presentes en la hemicelulosa (Asfanas'ev *et al.*, 2007). Se observan bandas cercanas a 3270 cm^{-1} y 710 cm^{-1} , correspondientes a aportes de celulosa I β (Boisset *et al.*, 1999). Asimismo, la muestra está constituida por un compuesto de enlaces que pertenecen a éteres presentes en la banda 1020 cm^{-1} (Contreras, 2010).

Conclusiones

Este proyecto permite aprovechar este tipo de residuos provenientes de la agroindustria, en la cual Tabasco mantiene cifras altas. La metodología planteada permitió obtener en una primera etapa celulosa y posteriormente una biopelícula reforzada en combinación con polisacáridos naturales que cumple con características de elasticidad. Dicho proyecto promueve el beneficio ambiental y económico mediante el desarrollo sustentable al obtener productos de valor agregado para la agroindustria y la industria alimentaria.

Referencias

Afanas'ev, N.I., Prokshin, G.F., Lichutina, T.F., Guskova, M.A., Vishnyakova, A.

P., Sukhov, D.A., Derkacheva, O.Y. (2007). Effect of residual lignin on the supramolecular structure of sulfate hardwood cellulose: A Fourier IR study. *Macromolecular Chemistry and Polymeric Materials*, 80(10),1724–1727. <https://doi.org/10.1134/S1070427207100254>

Boisset, C., Chanzy, H., Henrissat, B., Lamed, R., Shoham, Y., Bayer, A.E. (1999). Digestion of crystalline cellulose substrates by the *Clostridium Thermocellum* cellulosome: Structural and morphological aspects. *Biochemical Journal*, 340(3), 829-835. <https://doi.org/10.1042/bj3400829>

Cadenas González, M. T., Tirado-Vasquez, A., Bolio-López, G. I., Hernández-Córdova, R., Leo-Avelino, G., Ramos-Valencia, J. J., & Castañeda-Castañeda, C. B. (2022). Use of agroindustrial waste to obtain cellulose from oil palm bagasse (*Elaeis guinnensis*). *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i8.2222>

Contreras, Q. J. H., Trujillo, P. H. A., Arias, O. G., Pérez, C. J. L., Delgado, F. E. (2010). Espectroscopía ATR-FTIR de celulosa: Aspecto instrumental y tratamiento matemático de espectros. *e-Gnosis*, 8. 1-13.

Shinoj, S., R. Visvanathan, S. Panigrahi, and M. Kochubabu. (2011). Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review. *Ind. Crop Prod.* 33:7-22

Desarrollo y caracterización de un sistema de bajo costo para el monitoreo piezométrico, térmico y salino de aguas subterráneas

Aldrete-Godoy Evangelina^a,
Méndez-Barroso Luis Arturo^{a✉},
Cervantes-Bojórquez Johan Jair^b,
Ortega-Blanco Christian Aaron^b y
Fuentes-Rivera Ana Janeth^b

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 5 de febrero, #818 Sur, colonia
Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón,
Sonora, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ingeniería Eléctrica y
Electrónica, 5 de febrero, #818 Sur, colonia
Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón,
Sonora, México.

✉ luis.mendez78585@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Monitoreo ambiental; nivel piezométrico; agua subterránea; sensor de bajo costo

Introducción

Las alteraciones en los patrones regionales de recarga y ciclos de sequías, como consecuencia del cambio climático, han incrementado la necesidad de realizar mediciones precisas de piezometría y variables fisicoquímicas que afectan la calidad del agua subterránea y el comportamiento de su flujo (Adams *et al.*, 2022). Los sensores de monitoreo a largo plazo son una opción viable para determinar el estado de los acuíferos permitiendo su planificación sustentable, sin

embargo, la mayoría de estos equipos de monitoreo son caros y de difícil manejo (Sánchez-Hernández, 2017). Por esta razón, los sistemas de monitoreo de bajo costo son una excelente alternativa, ya que no sólo son asequibles, sino que también pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada sitio de estudio permitiendo el establecimiento de redes con una alta densidad de sensores (Ortiz *et al.*, 2023). El objetivo de este trabajo es desarrollar una sonda de bajo costo basado en la integración de un microcontrolador de código libre (Arduino Micro Pro – Módulo SD) con un sensor para la medición de presión (Blue Robotics MS5837) y salinidad (K1.0 de Atlas Scientific).

Metodología

La sonda comprende dos sensores; uno de presión (MS5837 30BA de Blue Robotics) y uno de Conductividad Eléctrica (K1.0 de Atlas Scientific). Ambos sensores fueron integrados a un registrador de datos que consiste en una placa Arduino Micro Pro (microcontrolador), un módulo de tarjeta SD para el almacenamiento de datos, y un módulo de Reloj en Tiempo Real, o RTC por sus siglas en inglés (Figura 1). La programación de la sonda se realizó mediante el IDE (Integrated Development Environment) de Arduino con el fin de que pudiera registrar y almacenar datos de temperatura (°C), presión (Pa), profundidad (m), conductividad eléctrica (uS/cm), gravedad específica, salinidad (ppt) y sólidos disueltos totales (ppm). Se programaron ciclos de funcionamiento para optimizar el consumo energético, con mediciones de un minuto seguidas de un periodo de hibernación de media hora. Los componentes electrónicos fueron encapsulados con resina epóxica para evitar daños por humedad. Se fabricaron tres

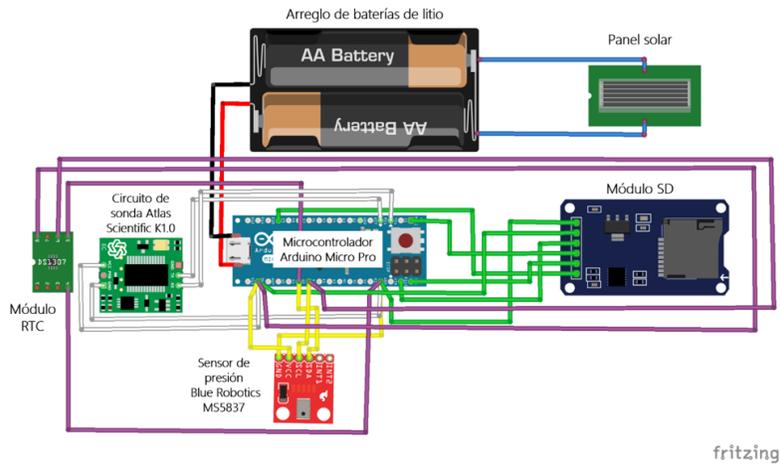


Figura 1. Representación esquemática del sistema de sensores

piezas en una impresora 3D para proteger los sensores y facilitar su contacto con el agua: (1) una pieza cilíndrica que sostiene los sensores a la sonda, (2) un tubo con aberturas ovaladas para proteger los sensores mientras se encuentra en contacto con el agua, y (3) un contrapeso ubicado en la base de la sonda para mantener el sensor sumergido. El sistema es alimentado con un arreglo de baterías en paralelo conectado a una celda solar para que este sea recargado. Para evaluar el desempeño de la sonda se hizo una comparación entre sus mediciones con las del sensor Solinst Levelogger Edge M5 tanto en condiciones de laboratorio como de campo. Las pruebas preliminares se realizaron en el Laboratorio de Acuicultura del ITSON, donde la sonda de bajo costo junto con el sensor Levelogger M5, se sumergieron en un tanque de aproximadamente 1.20 m de profundidad, por un período de una semana. El desempeño preliminar de la sonda de bajo costo se evaluó con los siguientes métricos estadísticos: Error Absoluto Medio y Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Medio. Finalmente, se evaluó el desempeño de la sonda de bajo costo en condiciones de campo en un pozo ubicado en

el Valle del Yaqui. Para evaluar el desempeño en campo del sensor se utilizaron los mismos métricos estadísticos que en pruebas preliminares.

Resultados y discusión

Los resultados preliminares muestran un desempeño aceptable de la sonda de bajo costo. Las mediciones de profundidad mostraron un error medio absoluto (MAE) de 0.029 m y un error cuadrático medio (RMSE) de 0.039 m en comparación con el sensor comercial (Levelogger M5). En cuanto a temperatura, la sonda mostró un error medio absoluto de 0.17 °C y un error cuadrático medio de 0.11 °C. Los resultados se encuentran dentro del rango de precisión mostrados en otras sondas de monitoreo basadas en plataformas de código libre (Calderwood *et al.*, 2020; Espinoza-Ortiz *et al.*, 2023).

Conclusiones

La sonda de bajo costo representa una opción viable para el monitoreo a largo plazo de pozos y otros cuerpos de agua debido a su precio asequible (~ MX\$ 4500.00 en comparación

con Levellogger cuyo costo es de ~ MX\$ 39500.00) y su buen desempeño en mediciones de nivel piezométrico y temperatura tanto en condiciones de laboratorio como en campo. Otras de las ventajas es su relativamente fácil construcción y amigable operación, por lo que lo hace una excelente alternativa para ser implementada en sistemas de monitoreo a largo plazo.

<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-02>

Referencias

Adams, K. H., Reager, J. T., Rosen, P., Wiese, D. N., Farr, T. G., Rao, S., ... & Rodell, M. (2022). Remote sensing of groundwater: current capabilities and future directions. *Water Resources Research*, 58(10), e2022WR032219.

Calderwood, A. J., Pauloo, R. A., Yoder, A. M., & Fogg, G. E. (2020). Low-cost, open source wireless sensor network for real-time, scalable groundwater monitoring. *Water*, 12(4), 1066. <https://doi.org/10.3390/w12041066>

Ortiz, M. E., Molina, J. P. A., Jiménez, S. I. B., Barrientos, J. H., Guevara, H. J. P., & Miranda, A. S. (2023). Development of Low-Cost IoT system for monitoring piezometric level and temperature of groundwater. *Sensors*, 23(23), 9364. <https://doi.org/10.3390/s23239364>

Sánchez-Hernández, G. A., Júnez-Ferreira, H. E., Álvarez-Robles, W., González-Trinidad, J., Bautista-Capetillo, & Herrera-Zamarrón, G. (2017). Optimización del monitoreo del nivel del agua subterránea para una frecuencia fija. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(5), 19-38.

Biocoagulante a base de opuntia para remover la turbidez en vinazas de mezcal

Salgado-Román Luisa Helena^a,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a✉ y
Viguera-Cortés Juan Manuel^b

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental, 98160 Zacatecas, Zac., México.

^bInstituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Academia de Ciencias Ambientales, 34220 Durango, Dgo., México.
✉maguileraf@ipn.mx

Palabras clave: Aguas residuales, coagulación-floculación, dosis óptima, normatividad ambiental

Introducción

En la producción del mezcal existe un residuo líquido llamado “vinaza”. Este residuo es alto en materia orgánica, potasio y calcio, por lo que es un contaminante que afecta a los recursos hídricos donde se descarga (Ibarra-Camacho & León-Duarte, 2018). Por ello, es necesario que estas aguas se sometan a un tren de tratamiento para que cumplan con la normatividad ambiental o parámetros de calidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud. El método coagulación-floculación es una técnica química de tratamiento de agua que tiene como fin la eliminación de partículas y la clarificación del agua residual. De acuerdo con Cogollo-Flórez

(2010), los coagulantes más comunes que se usan en el tratamiento de aguas son compuestos inorgánicos de aluminio o hierro, coagulantes comerciales como el sulfato de aluminio pueden ser asimilados por el ser humano y tienen efectos negativos. Entonces, se busca el uso de un biocoagulante que tenga un menor efecto nocivo y una opción más económica (Gurdián & Coto, 2011). Si bien se ha reportado el uso de un biocoagulante a base de Opuntia en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Aguilera-Flores *et al.*, 2023). No se encontró un trabajo en donde este biocoagulante sea aplicado en vinazas de mezcal crudas, o después de que hayan sido tratadas biológicamente en un reactor. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue evaluar el potencial de un biocoagulante a base de Opuntia para remover la turbidez de las vinazas de mezcal crudas y tratadas, después de haber sido sometidas a un reactor biológico.

Metodología

Primeramente, se recolectaron pencas de Opuntia en el municipio de Genaro Codina en el Estado de Zacatecas y se hizo la elaboración del biocoagulante con base en la metodología de Aguilera-Flores *et al.* (2023). El agua residual utilizada para este proyecto fue de una industria mezcalera localizada en Durango, Durango. Se recolectaron 25 L de dos tipos de vinaza una de vinazas crudas y la otra de vinazas tratadas en un reactor biológico. Se hizo un análisis fisicoquímico del efluente donde se midió el pH, conductividad y turbidez antes y después del ensayo de jarras. Por medio de un diseño experimental central compuesto se analizaron el pH y la dosis con rangos de 4 a 10 y 10 a 400 mg/L respectivamente, midiendo la eficiencia de remoción de turbidez para aguas crudas como

para aguas tratadas. Los resultados se ajustaron a modelos matemáticos para determinar las condiciones óptimas del proceso y lograr la mayor eficiencia de remoción.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 4 g de biocoagulante por 5 kg de Opuntia, empleando en los ensayos de jarras solamente 2.7 g. Los parámetros fisicoquímicos de las vinazas crudas fueron de un pH de 4.15, conductividad eléctrica de 16.64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y turbidez de 268.6 NTU, mientras que para la vinaza tratada (después del reactor) fueron pH de 5.73, conductividad de 16.64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y turbidez de 239.7 NTU. Los parámetros de pH y conductividad eléctrica quedaron fuera de los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 (SEMARNAT, 2022), y la turbidez superó hasta 53 veces el parámetro de calidad establecido por la OMS, ya que establece un valor < 5 NTU para cualquier uso del agua (WHO, 2017), por lo que se realizó la prueba de jarras para disminuir estos parámetros. Una vez obtenidos los porcentajes de remoción, se ajustaron a los modelos matemáticos de orden cuadrático mostrados en la Ecuación 1 y 2. A partir de ecuaciones cuadráticas, se determinaron las condiciones óptimas que se muestran en la Tabla 1.

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia de remoción de turbidez para vinazas crudas (\%)} = & \text{Ecuación} \\ -133.4204 - 0.2612 * \text{Dosis} + 52.6212 * \text{pH} + 0.0395 * \text{Dosis} * & (1) \\ \text{pH} - 3.7844 * \text{pH}^2 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia de remoción de turbidez para vinazas tratadas (\%)} = & \text{Ecuación} \\ -77.2098 + 0.2371 * \text{Dosis} + 17.2305 * \text{pH} - 0.0394 * \text{Dosis} * \text{pH} & (2) \end{aligned}$$

Tabla 1. Dosis y pH óptimo para las vinazas crudas y tratadas

Vinazas	Dosis	pH	Remoción de turbidez (%)
Crudas	342.89	8.74	66.25
Tratadas	71.43	9.04	70.08

Conclusiones

El biocoagulante a base de opuntia resultó efectivo para remover la turbidez en vinazas de mezcal crudas y tratadas. Sin embargo, se requiere ajustar el pH de las vinazas a uno alcalino (8.74 y 9.04) para lograr eficiencias de remoción de 66.25% y 70.08% con dosis de 342 mg/L y 71.43 mg/L en vinazas crudas y tratadas, respectivamente. Se recomienda utilizar el biocoagulante a base de Opuntia como tratamiento avanzado, es decir, aplicarlo después de que las vinazas de mezcal fueron tratadas con un reactor biológico, ya que se obtiene una eficiencia de remoción mayor (70.08%), empleando una baja dosis del biocoagulante (71.43 mg/L). Asimismo, se recomienda evaluar otros parámetros de calidad en el tratamiento como la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, y sólidos suspendidos totales.

Referencias

- Aguilera-Flores, M. M., Valdivia-Cabral, G. I., Medellín-Castillo, N. A., Ávila-Vázquez, V., Sánchez-Mata, O., García-Torres, J. (2023). Study on the Effectiveness of Two Biopolymer Coagulants on Turbidity and Chemical Oxygen Demand Removal in Urban Wastewater. *Polymers*, 15, 37. <https://doi.org/10.3390/polym15010037>
- Cogollo-Florez, J. M. (2010). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. *DYNA*, 78(165), 18-27. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636>
- Gurdián, R., Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de

tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales. *Tecnología en Marcha*, 16 (2), 12-22.

Ibarra-Camacho, R. León-Duarte, L. (2018). Caracterización químico-física de vinazas de destilerías. *Ciencia en su PC*, 1(2), 1-13.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022

World Health Organization [WHO] (2017). Guidelines for Drinking-Water Quality. *WHO Library Cataloguing-in-Publication Data*. 631 p., ISBN: 978-92-4-154995-0. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>

Caracterización fisicoquímica y biológica del efluente del rastro municipal de Zacualpan de Amilpas, Morelos

Soriano-Espinoza Karla Yessenia^a,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a✉,
Chávez-Soto Mónica Judith^a y
Guerrero-Trejo Gabriela Teresa^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental. Calle Circuito Cerro del Gato No. 202, Col. Ciudad Administrativa, Zacatecas, Zac. C.P. 98160.
✉maguileraf@ipn.mx

Palabras clave: NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-194-SSA1-2004, PTAR.

Introducción

Las aguas residuales de los mataderos se destacan como uno de los tipos de aguas residuales más contaminantes a nivel mundial. Además, el exceso de materia orgánica en las aguas residuales provoca contaminación y proliferación de algas nocivas. Los residuos de tratamientos con animales y hormonas promotoras del crecimiento pueden afectar la vida acuática y potencialmente ingresar a la cadena alimentaria humana. El tratamiento eficaz de las aguas residuales es crucial para mitigar estas preocupaciones (Mkilima *et al.*, 2024).

Este trabajo se centra en la caracterización de una muestra de agua de rastro y una muestra de agua de la planta tratadora de agua residual

municipal (PTAR), la cual recibe a este efluente, evaluándose parámetros fisicoquímicos y biológicos comparados con la NOM-001-SEMARNAT-2021 SEMARNAT, 2022) y la NOM-002-SEMARNAT-1996 (SEMARNAT, 1998). Asimismo, se categoriza al sitio como un rastro, una unidad de sacrificio o un matadero de acuerdo con la NOM-194-SSA1-2004 (SS, 2004).

Metodología

Se recolectaron cuatro muestras simples del efluente del rastro y de la PTAR municipal. Cada muestra se recolectó con un intervalo de 4 horas de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-2021 (SEMARNAT, 2022) y la NOM-002-SEMARNAT-1996 SEMARNAT, 1998). Dichas muestras fueron caracterizadas fisicoquímica y biológicamente y se evaluaron los siguientes parámetros conforme a las normas mencionadas: temperatura, pH, SST, sólidos sedimentables, materia flotante, grasas y aceites, metales pesados (arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo hexavalente, mercurio total, níquel total, plomo total), DQO, nitrógeno total, fósforo total, coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Resultados y discusión

El rastro municipal de Zacualpan de Amilpas es una unidad de sacrificio o matadero ya que ingresan hasta 40 animales, correspondiendo el 100% a cerdos. En la Tabla 1 se muestran los parámetros que quedaron fuera de los LMP en la muestra de agua de la PTAR. La Tabla 2 muestra los del agua residual (efluente del rastro).

Los efluentes de rastros municipales presentan 5.5 veces de SST, 9.8 veces de DQO, y 10.7 veces de nitrógeno total más altos que las aguas residuales domésticas. Asimismo, muestran altas

Tabla 1. Parámetros del agua de la PTAR fuera de la NOM-001-SEMARNAT-2021

Parámetro	Unidades	Porcentaje de rebase respecto al LMP (%)
DQO	mg/L	215.71
Nitrógeno total	mg/L	760.00

Tabla 2. Parámetros del efluente del rastro fuera de la NOM-002-SEMARNAT-1996

Parámetro	Unidades	Porcentaje de rebase respecto al LMP (%)
SST	mg/L	535.71
SS	mg/L	1250.00
DQO	mg/L	566.19
Nitrógeno total	mg/L	2,845.00
Coliformes fecales	NMP/mL	480.00
<i>E. coli</i>	NMP/mL	Presencia

concentraciones de microorganismos (Ng *et al.*, 2022). Los valores reportados en la Tabla 1 coinciden con lo reportado por Ng *et al.* (2022), ya que los parámetros mencionados no cumplieron con los LMP de la norma mexicana (SEMARNAT, 1998). Asimismo, el conducir estos efluentes a una PTAR, las tecnologías convencionales no pueden remover estos contaminantes eficientemente (Ng *et al.*, 2022). Por ello, al analizar el agua tratada, la DQO y el nitrógeno total no estuvieron dentro de la norma mexicana (SEMARNAT, 2022), asociando que este resultado podría deberse a que la PTAR recibe el efluente del rastro municipal sin ningún tratamiento u otros efluentes con alta carga orgánica e inorgánica, y de nutrientes (fósforo y nitrógeno).

Conclusiones

El agua residual o efluente del rastro debe ser tratada antes de su descarga al drenaje o alcantarillado para conducirla a la PTAR del municipio ya que siete parámetros (SST, sólidos sedimentables, DQO, materia flotante, nitrógeno total, coliformes fecales y *E. coli*) están fuera de los LMP de la normatividad aplicable para la unidad de sacrificio, lo que

conlleva a una contaminación del agua provocando efectos negativos en el ambiente y salud humana. Asimismo, se sugiere evaluar la pertinencia del tren de tratamiento de la PTAR municipal, ya que dos parámetros (DQO y nitrógeno total) quedaron fuera de los LMP de la norma mexicana.

Referencias

- Mkilima, T., Saspugayeva, G., Dakieva, K., Tussupova, Z., Zhaken, A., Kumarbekuly, S., ... & Khussainov, M. (2024). Enhancing slaughterhouse wastewater treatment through the integration of microbial fuel cell and Electro-Fenton systems: A comprehensive comparative analysis. *Journal of Water Process Engineering*, 57, 104743.
- Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., ... & Kane, A. (2022). Characterization of slaughterhouse wastewater and development of treatment techniques: a review. *Processes*, 10(7), 1300.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1998). Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Disponible en: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2022). NOM-001-SEMARNAT-2021 que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0

Secretaría de Salud [SS]. (2004). NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=661587&fecha=18/09/2004#gsc.tab=0

Carbón activado modificado con magnetita para potenciar la producción de metano

Cruz-Miranda María Fernanda^a,
Orrantia López Miriam^a✉,
Burboa-Charis Vianey Ariadna^b,
Armenta-Gutiérrez Miguel Angel^b y
Álvarez-Valencia Luis Humberto^b,

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinaria, 85000 Ciudad Obregón, México.
✉miriamorrantia@gmail.com

Palabras clave: Digestión anaerobia, carbón activado granular, magnetita, metano, efluentes porcinos

Introducción

La digestión anaerobia (DA) es un proceso biológico que en ausencia de oxígeno, por medio de microorganismos, transforma la materia orgánica compleja en su estado más oxidado (CO_2) y más reducido (CH_4), este proceso puede ser mejorado mediante el uso de materiales conductores (MC), destacando el uso del carbón activado granular (CAG) y magnetita, donde las bacterias fermentativas y las arqueas metanogénicas se adhieren creando relaciones sintróficas, promoviendo la transferencia directa de electrones entre las especies (DIET por sus siglas en inglés) (Álvarez, Burboa & Orrantia 2023). El presente estudio evalúa el impacto del uso del CAG con y sin magnetita como materiales

conductores en la digestión anaerobia de efluentes porcinos.

Metodología

El agua residual porcina fue sedimentada por 48 horas, posteriormente se pasó por un tamiz 250 μm , con una DQO de 6493 ± 845 mg/L. El CAG con tamaño de partícula entre 250 y 400 μm fue modificado por el método de impregnación descrito por Armenta *et al.* (2022) con 1.5% de magnetita. Las botellas serológicas con un volumen de operación de 60 mL, adicionadas con 10 g/L de cada MC, inoculadas con 1 g SSV/L con lodo anaerobio granular, fueron selladas y burbujeadas con nitrógeno por un minuto, pasaron a incubación (37 °C y 150 rpm) durante trece días. El metano producido se midió por desplazamiento de líquidos con una solución al 2% de NaOH. Se determinaron los parámetros cinéticos en Statistica Six Sigma, usando una ecuación del modelo de Gompertz modificado.

Resultados y discusión

La mejor eficiencia a conversión a metano fue dada por CAG, por otro lado, la eficiencia en remoción de DQO fue mayor para el CAG- Fe_3O_4 (Tabla 1). El mayor volumen acumulado fue en presencia del CAG- Fe_3O_4 , siendo de 93 mL, seguido del CAG con 84 mL, y el control con 75 mL (Figura 1).

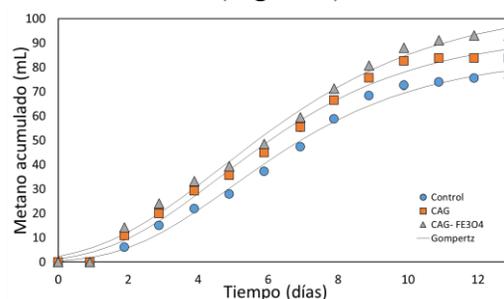


Figura 1. Metano acumulado de la digestión anaerobia de efluentes porcinos

Tabla 1. Eficiencias en remoción de materia orgánica (DQO) y de conversión a metano

Condición	DQO Final (mg/L)	DQO Removido ^a (g)	Eficiencia DQO (%)	Rendimiento CH4 (mL CH4/gDQO)	Eficiencia Conversión ^b (%)
Control	2337 ± 240	0.25 ± 0.010	64 ± 4	317 ± 35	79 ± 9
CAG	2403 ± 150	0.25 ± 0.009	63 ± 2	350 ± 25	88 ± 6
CAG- Fe ₃ O ₄	1485 ± 113	0.30 ± 0.006	77 ± 2	310 ± 16	78 ± 4

^aDQO_{removido} = [DQO_{inicial} - DQO_{final} / DQO_{inicial}] x 100. DQO_{inicial} = 6493 mg/L. ^b Se consideraron 400 mL/ g DQO para cálculos en la eficiencia de conversión a metano.

Estudios similares con efluentes porcinos, como el de Romero et al (2020) muestran mejoras en la eficiencia en la remoción de DQO y en la producción de metano en presencia del CAG, lo que sugiere que los MC promueven la DIET. Otro estudio realizado por Burboa-Charis & Álvarez (2020) en el CAG incrementó 3 veces la producción de metano y mejoró 1.4 veces la eficiencia en remoción de DQO.

Conclusiones

El CAG y el CAG- Fe₃O₄ como materiales conductores podrían mejorar la digestión anaerobia de efluentes porcinos y su aprovechamiento al producir mayor cantidad de metano y obtener mejores eficiencias en remoción de DQO.

Referencias

Álvarez Valencia, L. H., Burboa Charis, V. A., & Orrantía López, M., (2023). Materiales conductores de electrones y su impacto durante la producción anaerobia de metano. *Entreciencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 11(25), 1–17. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.85046>

Armenta MA, Maytorena VM, Buentello-Montoya DA, Arroyo E, Cota-Leal M, Yong D, Olivás A. (2022). Effect of catalytic hydrodynamics over

microagglomerates of Mn₂O₃ and PdO supported on γ - γ -Al₂O₃ for dimethyl ether production. *Fuel*. 317(1): 123509. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123509>.

Burboa-Charis VA, Alvarez LH. (2020). Methane production from antibiotic bearing swine wastewater using carbon-based materials as electrons' conduits during anaerobic digestion. *International Journal of Energy Research*. 44: 10996–11005. <https://doi.org/10.1002/er.5616>.

Romero RM, Valenzuela EI, Cervantes FJ, García-Reyes RB, Serrano D, Alvarez LH. (2020). Improved methane production from anaerobic digestion of liquid and raw fractions of swine manure effluent using activated carbón. *Journal of Water Process Engineering*. 38: 101576. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101576>

Estudios cinéticos de adsorción de cobre en biomasa de microalga *Porphyridium cruentum* y *Sargassum*

Ayala-Palomares María Fernanda^a,
Castro-López Mariana Paulina^{a✉},
Flores-Padilla Andrea Lizeth^a,
María del Rosario Martínez Macías^a y
Ávila Villa Luz Angelica^a

^aUniversidad de Sonora Campus Cajeme.
Departamento de Ciencias biológicas y de la
Salud. 85199 Ciudad Obregón, México.
✉a220202449@unison.mx

Palabras clave: Microalgas, cobre, cinética, adsorción

Introducción

El desarrollo de nuevos xenobióticos y compuestos para diversos sectores de la industria plantea grandes retos para la conservación de los sistemas acuáticos y marinos. El cobre es un mineral presente en los municipios sonorenses donde se produce y emplea constantemente provocando que se encuentre en concentraciones elevadas en el medio ambiente (Abdelfattah *et al.*, 2023). Por ello, en este estudio se evaluó las condiciones óptimas y la cinética de adsorción de cobre en la biomasa de las microalgas *Porphyridium cruentum* y *Sargassum* para eliminar el cobre en disolución, mediante ensayos a nivel laboratorio basados en un diseño de superficie de respuesta que determinó las condiciones óptimas de adsorción y de máxima velocidad de remoción.

Metodología

La biomasa del *P. cruentum* se cultivó a temperatura de 25 °C, medio de cultivo f/2 de Guillard, por 21 días a una intensidad de luz de 200 mmol E m⁻². *Sargassum* se recolectó en las playas de San Carlos Nuevo Guaymas. La biomasa se lavó, se secó en horno a una temperatura de 50 °C y se trituró. Se efectuó un diseño experimental Box Behnken con tres niveles tiempo de agitación, pH y cantidad de biomasa en dos factores para determinar las condiciones óptimas de remoción de cobre en solución. Se preparó una solución stock de 500 ppm de Cu²⁺. Se tomaron 50 mL de esta solución, se ajustaron a las condiciones indicadas por el diseño experimental. Las concentraciones de Cu²⁺ fueron determinadas como un complejo azul-amoniaco oscuro a 610 nm utilizando un espectrofotómetro UV/Vis (Cary 60 UV-VIS Agilent) Guspita & Ulianas (2020). Posteriormente, se realizó el análisis de los resultados obtenidos ingresándolos al software Design Expert obteniéndose su ANOVA, y las condiciones óptimas de máxima adsorción.

Resultados y discusión

Como resultados se encontró una relación directa entre la cantidad de biomasa y la capacidad de adsorción del cobre, a mayor cantidad de biomasa, mayor cobre adsorbido. *Sargassum* y *P. cruentum* obtuvieron una mayor adsorción a condiciones ácidas (pH 3) y 0.15 g de biomasa, obteniéndose remociones de 282 y 437 ppm para *P. cruentum* y *Sargassum* respectivamente. Las condiciones óptimas de adsorción recomendadas por Design expert para *P. cruentum* fueron pH 3.7, biomasa 0.14 g, y tiempo de 7.18 minutos y para *Sargassum* un pH de 4.64, biomasa de 0.10g y con 8.45 minutos (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de ambas microalgas, empleando el diseño experimental con tres niveles

Experimento	pH	Biomasa (gramos)	Tiempo (minutos)	Remoción Cu ²⁺ ppm (<i>P. cruentum</i>)	% Remoción	Remoción Cu ²⁺ ppm (<i>Sargassum</i> spp.)	% Remoción
1	3	0.05	5	232	46.4	159	31.8
2	3	0.15	5	282	56.4	411	82.2
3	5	0.05	15	218	43.6	100	20.0
4	3	0.15	15	256	51.2	437	87.4
5	5	0.05	5	193	38.6	80	16.0
6	3	0.05	15	230	46.0	339	67.8
7	5	0.15	5	278	55.6	175	35.0
8	5	0.15	15	225	45.0	230	46.0

Tabla 2. Cinéticas de adsorción, concentración de cobre y porcentaje de remoción

Tiempo (minutos)	Remoción Cu ²⁺ ppm (<i>P. cruentum</i>)	% Remoción (<i>P. cruentum</i>)	Remoción Cu ²⁺ ppm (<i>Sargassum</i> spp.)	% Remoción (<i>Sargassum</i> spp.)
1	205	41.0	303	60.6
2	243	48.6	286	57.2
3	263	52.6	277	55.4
4	293	58.6	244	48.8
5	91	18.2	240	48.0
10	95	16.2	198	39.6
15	138	27.6	238	47.6
20	265	53.0	232	46.4
45	230	46.0	124	24.8
60	242	48.4	161	32.2
90	254	50.8	130	26.0

Las cinéticas de adsorción que se muestran en la Tabla 2 indicaron que *P. cruentum* remueve un máximo de 58.6% (293 ppm) en 4 min, después la desorción presenta un comportamiento ondulatorio, desciende y asciende, posiblemente el efecto de una desorción. Para *Sargassum*, la máxima remoción se tiene en el primer minuto 60.6% (303 ppm) presentando el mismo comportamiento ondulatorio en la cantidad adsorbida. De acuerdo con los resultados, la biomasa de la macroalga *Sargassum* tiene una mayor capacidad de adsorción del cobre que *P. cruentum*. Así, una posible aplicación en el transporte de iones metálicos, como el cobre, que pueden ayudar a eliminar contaminantes y, además, pueden servir como transporte de minerales y ser parte de biofertilizantes.

Conclusiones

La biomasa de *Sargassum* spp. tiene una capacidad de adsorción de metal cobre mucho

mayor que la observada en *P. cruentum*. El pH de la solución es uno de los principales factores más determinante para la adsorción, superior a la cantidad de biomasa y el tiempo. Las cinéticas indican que dentro de los primeros cinco minutos se registra la mayor adsorción para ambas microalgas. En general, el estudio aporta la idea de que estas microalgas pueden servir como adsorbentes rentables y eficientes, lo que las convierte en candidatas valiosas para el transporte de minerales y aplicaciones potenciales en la remediación ambiental y la nutrición.

Referencias

Abdelfattah, A., Ali, S. S., Ramadan, H., El-Aswar, E. I., Eltawab, R., Ho, S.-H., Elsamahy, T., Li, S., El-Sheekh, M. and Sun, J. (2023). Microalgae-based wastewater treatment: Mechanisms, challenges, recent advances, and future prospects. *Environmental Science and*

Ecotechnology, 13(100205), 100205.
<https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100205>

Guspita, D. and A. Ulianas. (2020). Optimization of complex NH_3 with Cu^{2+} ions to determine levels of ammonia by UV-Vis spectrophotometer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481, 012040.

Calidad del agua potable en Bacerac, Sonora, México

Lozanía León Mario Francisco^{a✉},
Encinas Soto Kareen Krizzan^a,
Santos Romo Álvaro^b,
Hernández López Jorge^b y
Dórame Carreño Guadalupe^a

^aUniversidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México.

^bCentro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Unidad Hermosillo, CP. 83106. Hermosillo, Son., México.
✉a218209444@unison.mx

Palabras clave: Agua potable, elementos potencialmente tóxicos, calidad de agua, coliformes fecales.

Introducción

En México, 57% de los hogares carecen de acceso a un suministro de agua gestionada de manera segura y 43% carecen de saneamiento seguro (United Nations Water, 2023) lo que contribuye a la propagación de enfermedades gastrointestinales, desnutrición y problemas de desarrollo infantil (Sánchez, 2018). Bacerac, Sonora, es una localidad rural cuya dependencia de fuentes naturales no tratadas de agua potable representa un riesgo significativo para la salud pública. La bioacumulación de elementos potencialmente tóxicos como el plomo y el arsénico, podría generar problemas crónicos como cáncer y enfermedades renales en los habitantes de esta región (Sabath & Robles-Osorio, 2012). Esto convierte a Bacerac en un caso prioritario para

evaluar la calidad del agua potable. La investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del agua potable en Bacerac y analizar su impacto en la salud pública, a través de un plan de muestreo sistemático que abarque las cuatro estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) durante un ciclo anual. Se investigarán elementos potencialmente tóxicos, contaminantes químicos y microbiológicos en puntos clave de la comunidad. Los resultados permitirán proponer soluciones viables, como el diseño de una planta de tratamiento de agua, para mitigar los riesgos identificados.

Metodología

Se implementó un plan de muestreo radial en cuatro estaciones del año, priorizando las áreas de mayor población, con el objetivo de determinar la presencia de contaminantes en el agua para uso y consumo humano mediante técnicas como Espectroscopía de Absorción Atómica por Horno de Grafito y por Generador de Hidruros (Secretaría de Economía, 2016b), micro-técnicas colorimétricas, medición de pH (Secretaría de Economía, 2016a) y análisis microbiológicos.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los sitios de muestreo en los que fueron determinadas las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos como Plomo (Pb) y Arsénico (As) en partes por billón (ppb). Adicionalmente, se realizaron estudios de Cadmio (Cd), sin embargo, su presencia no fue detectada en las muestras del estudio. Asimismo, se determinó el pH de las muestras y las concentraciones de especies químicas como nitratos, nitritos y cloro residual, expresadas en partes por millón (ppm). No se detectó la presencia de nitritos ni

Tabla 1. Concentración de elementos potencialmente tóxicos, parámetros químicos y presencia microbiológica

Sitios de muestreo	Plomo (ppb)	Arsénico (ppb)	pH	Coliformes totales	Coliformes fecales	Nitratos (ppm)
Rio	ND	1.009 ± 0.054	7.22	+	+	0.039
Pozo	ND	0.428 ± 0.475	6.45	+	+	0.212
TD 1	ND	0.430 ± 0.150	6.1	-	-	0.235
TD 2	ND	0.428 ± 0.0235	6.22	+	-	0.315
TD 3	3.636 ± 0.45	0.404 ± 0.08	6.62	+	-	0.307
TD 4	1.169 ± 0.26	0.408 ± 0.007	6.39	-	-	0.340
TD 5	ND	0.446 ± 0.057	6.31	-	-	0.373
TD 6	1.613 ± 0.68	0.289 ± 0.061	6.22	-	-	0.494
Laguna	6.128 ± 0.28	0.432 ± 0.0078	7.2	+	+	ND
Rio desp. laguna	ND	1.152 ± .1563	7.64	+	+	ND
TD 7	2.247 ± 0.82	0.354 ± 0.1142	6.26	-	-	0.369
EP	ND	0.405 ± 0.0924	6.22	+	-	0.346
LMP NOM-127-SSA1-20021	10	25	6.5 a 8.5	Ausencia	Ausencia	11

TD= Toma Domiciliar. ND= No Detectado. LMP= Limite Máximo Permissible. += Presencia. -= Ausencia.

de cloro residual libre en ninguno de los puntos de muestreo. Además, se identificaron sitios con presencia de macroorganismos, incluyendo coliformes totales y coliformes fecales.

Conclusiones

En el muestreo realizado, el 64% de las muestras superaron los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-2021 (Secretaría de Salud, 2021) para coliformes totales, y el 28% para coliformes fecales. Las concentraciones de elementos potencialmente tóxicos fueron bajas, sin embargo, pudiera convertirse en un riesgo a la salud para la población debido a la bioacumulación, la cual produce los cuadros típicos de intoxicación crónica y el efecto a largo plazo es la carcinogénesis (Ferrer, 2003). Adicionalmente, el 50% de los sitios monitoreados no cumple con el rango permisible de pH en el agua para uso y consumo humano. Dada la magnitud de estos hallazgos, resulta crucial utilizar estos resultados como base para el diseño de una planta de tratamiento de agua. Se recomienda realizar el diseño al concluir el plan de muestreo

anual, asegurando que se abordan las deficiencias identificadas y se proteja la salud pública de la comunidad que habita la región de estudio.

Referencias

- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26, 141-153.
- Sabath, E., & Robles-Osorio, M. L. (2012). Medio ambiente y riñón: nefrotoxicidad por metales pesado. *Nefrología*, 32(3), 279-286.
<https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2012.Jan.10928>
- Sánchez, C. C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35, 309-316.
- Secretaría de Economía, S. (2016a). NMX-AA-008-SCFI-2016. Análisis de agua. -

medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

Secretaría de Economía, S. (2016b). NMX-AA-051-SCFI-2016. Análisis de agua.- medición de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales.

Secretaría de Salud. (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad de agua.

United Nations Water. (2023). SDG 6 snapshot in Mexico. Sdg6data.org. <https://www.sdg6data.org/en/country-or-area/Mexico>

Impacto ambiental por relaves mineros en suelo y sedimento en una zona semiárida de México

Mora-Sánchez Francisco Javier^{a✉},
Gómez-Álcazar Agustín^a,
Encinas-Romero Martín Antonio^a,
Valenzuela-García Jesús Leobardo^a y
Encinas-Soto Kareen Krizzan^a

^aDepartamento de Ingeniería Química y
Metalurgia, Universidad de Sonora, 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
✉francisco.mora@unison.mx

Palabras clave: Arsénico, contaminación,
pasivo ambiental minero.

Introducción

Durante la explotación y beneficio de minerales se generan grandes cantidades de desechos minero-metalúrgicos de difícil tratamiento, que habitualmente se depositan sobre la corteza terrestre (Rosique, 2016). En años anteriores, debido a la ausencia de regulaciones y leyes ambientales que controlan el cierre de minas, en diversos países se formaron depósitos de relaves mineros, que actualmente permanecen abandonados y sin ningún tipo de tratamiento (Rosique, 2016). Estos sitios se caracterizan por poseer desechos con elevados contenidos de elementos potencialmente tóxicos (EPT), como el arsénico, que pueden estar asociados a las fases solubles del relave, y dependiendo de ciertas condiciones ambientales como el potencial Redox (Eh) y potencial Hidrógeno (pH), se puede favorecer su movilización hacia el medio ambiente, siendo los suelos y

sedimentos de corrientes de agua aledaños los principales afectados. Estos medios también pueden verse contaminados debido al transporte hídrico de residuos suspendidos (Mora-Sánchez, 2021). Los suelos y sedimentos al ser receptores de estos contaminantes incrementan sus concentraciones totales y solubles de EPT, y pueden llegar a valores críticos de Eh, pH y conductividad eléctrica (C.E.); en el caso de los primeros, los altos niveles de salinidad y concentraciones de EPT pueden afectar negativamente el crecimiento y germinación de los cultivos y plantas (Mora-Sánchez, 2021). En zonas semiáridas estos casos por contaminación de EPT pueden ser críticos debido a las altas temperaturas que generan evapotranspiración en los residuos mineros, favoreciendo la formación de sales solubles y movimiento de los EPT (Del Río-Salas *et al.*, 2019). El arsénico es un metaloide comúnmente encontrado en los relaves mineros, es tóxico para los seres vivos a bajas concentraciones, es altamente bioacumulable y produce efectos nocivos en la biota como cáncer y enfermedades neurológicas (Mora-Sánchez, 2021). En una zona semiárida del noroeste de México, particularmente en San Felipe de Jesús, un municipio ubicado en el centro de Sonora, se encuentra el pasivo ambiental minero (PAM) denominado “El Lavadero”, localizado a escasos metros de suelos agrícolas, así como a arroyos que descargan sobre el río Sonora. En este sitio se acumularon grandes cantidades de relaves en distintos periodos del siglo XX, y diversos estudios han demostrado que poseen altas concentraciones totales de As de hasta 30000 mg kg⁻¹ (Del Río-Salas *et al.*, 2019). Debido a lo anterior, la presente investigación se centra en evaluar el impacto ambiental producido por

los relaves mineros en el suelo agrícola aledaño, así como en los sedimentos del efluente principal que descarga en el río Sonora.

Metodología

Para lograr lo anterior, se colectaron muestras en las 4 estaciones del año en los relaves, suelo y sedimentos empleando un muestreo sistemático. Posteriormente se analizó Eh, pH y C.E. empleando la metodología de Ortiz *et al.* (2018); asimismo, se determinaron los contenidos de arsénico total a través de la técnica de espectroscopia de absorción atómica (Gómez-Álvarez, 2004).

Resultados y discusión

Los resultados en los relaves, suelos y sedimentos indican valores oxidantes de potencial Redox mayores a 200 mV, valores de pH bajos (< 7), y altos valores de C.E. en relaves y suelos ($> 1000 \mu\text{S cm}^{-1}$), lo cual indica que podrían existir afectaciones directas en la salud de la flora y fauna de la zona. En cuanto a los contenidos de arsénico total, se reportaron valores de hasta 35000 mg kg^{-1} en los relaves, y concentraciones altas en el suelo y sedimentos de hasta 1200 mg kg^{-1} , que exceden lo permitido por diversas regulaciones ambientales vigentes (SEMARNAT, 2009). Afectaciones de la misma dimensión provocadas por depósitos de relaves sobre suelos agrícolas reportan otros estudios, como el de González (2022), donde se obtuvieron valores similares de los parámetros fisicoquímicos estudiados (Eh, pH, C.E., y As) en el suelo estudiado.

Conclusiones

Lo anterior refleja un impacto producido por el PAM “El Lavadero” sobre su medio ambiente

cercano, especialmente en el suelo agrícola aledaño y en los sedimentos del arroyo principal que descarga en el río Sonora. Lo anterior representa un peligro latente para la fauna de la región, así como para los cultivos alimenticios que germinan en el suelo agrícola aledaño. Se recomienda seguir caracterizando el sitio y realizar estudios de remediación para establecer algún tipo de tratamiento que contribuya a disminuir los niveles de arsénico y atenuar los valores de Eh, pH, C.E. y As en los relaves, suelos y sedimentos.

Referencias

- Del Río-Salas, R., Ayala-Ramírez, Y., Loredo-Portales, R., Romero, F., Molina-Freaner, F., Minjarez-Osorio, C., Pi-Puig, T., Ochoa-Landin, L., & Moreno-Rodríguez, V. (2019). Mineralogy and geochemistry of rural road dust and nearby mine tailings: a case of ignored pollution hazard from an abandoned mining site in semi-arid zone. *Natural Resources Research*, 28(4), 1485–1503.
- Gómez-Álvarez, A. (2004). Manual de métodos analíticos para rocas y minerales. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora.
- González, A. (2022). Impacto ambiental sobre suelos y plantas por actividades extractivas en los contenidos de metales pesados y cianuro en la zona minera de Remance, Panamá. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Mora-Sánchez, F.J. (2021) Evaluación del potencial de generación de drenaje ácido de mina en el Depósito de Jales “El Lavadero”, en San Felipe de Jesús,

Sonora, México. Tesis de Maestría.
Universidad de Sonora.

Ortiz, A.M.A., Noles, P., Cruz, A.D.L.,
Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019).
Variaciones físico-químicas de la calidad
del agua del río Carrizal en Manabí.
Enfoque UTE, 10(3), 30-41.

Rosique, M.G. (2016). Gestión de los residuos
y suelos contaminados provenientes de
la minería metálica: aspectos técnicos,
problemas ambientales y marco
normativo. Tesis Doctoral. Universidad
Politécnica de Cartagena.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente
y Recursos Naturales). (2009). Norma
Oficial Mexicana NOM-157-
SEMARNAT-2009. Que establece los
elementos y procedimientos para
instrumentar planes de manejo de
residuos mineros. Secretaria de Medio
Ambiente y Recursos Naturales,
México.

Evaluación del tratamiento de agua residual empleando una celda de combustible microbianas-humedal artificial

Moncibais Kerry Garret^a,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a,
Pérez-Viramontes Julieta Nicté^b,
Calzada-Hernández Alán Rubén^b y
Ávila-Vázquez Verónica^a✉

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, 98160 Zacatecas, Zac., México.

^bInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato, 36275 Silao, Gto., México.

✉vavila@ipn.mx

Palabras clave: Bioenergía, degradación, voltaje

Introducción

El tratamiento de aguas residuales que contienen contaminantes emergentes, como fármacos y pesticidas, es un desafío debido a su persistencia y la dificultad de eliminarlos mediante los métodos tradicionales (Ealias *et al.*, 2024). En México, la infraestructura actual no es suficiente para remover estos compuestos, lo que ha llevado a explorar tecnologías avanzadas como las celdas de combustible microbianas (CCM) combinadas con humedales artificiales compuestos (HAC). La combinación de CCM y HAC optimiza el tratamiento de aguas residuales al mejorar la degradación de contaminantes y generar

bioenergía (Hernández-Tenorio *et al.*, 2024). Este estudio evalúa el desempeño de un sistema CCM-HAC que utiliza *Hydrocotyle ranunculoides*, una planta invasora capaz de suministrar oxígeno a la reacción de reducción de oxígeno en el cátodo, esperando alcanzar una remoción de DQO superior al 75% y producción de energía durante el tratamiento.

Metodología

Se construyeron dos sistemas de celda de combustible microbiana-humedal artificial compuesto (CCM-HAC) con 4 litros de capacidad. Ambos sistemas emplearon un fieltro de carbón de 12 cm x 12 cm en el ánodo, ubicado entre capas de arena y grava. La diferencia principal entre los sistemas fue el tipo de cátodo: uno utilizó cinco tubos de grafito conectados en paralelo y el otro un biocátodo hecho de hueso de pez. Los cátodos se colocaron cerca de las raíces de *Hydrocotyle ranunculoides* para suministrar el oxígeno necesario para la reacción de reducción de oxígeno. Se agregó agua residual al sistema para evaluar su rendimiento en el tratamiento de contaminantes, midiendo el potencial de circuito abierto (OCP) diariamente hasta la finalización de los ciclos de degradación. La caracterización electroquímica se llevó a cabo utilizando voltamperometría de barrido lineal para obtener curvas de polarización y potencia, y la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) para determinar la resistencia interna del sistema. Se realizaron análisis fisicoquímicos del agua residual antes y después del tratamiento para medir el pH, turbidez, sólidos suspendidos totales (SST) y DQO, siguiendo las normas mexicanas.

Resultados y discusión

Durante 15 días, el sistema CCM-HAC mostró un aumento de voltaje máximo de 725.4 mV entre los días 3 y 4, coincidiendo con el establecimiento óptimo de las bacterias electrogénicas en el ánodo. La densidad de potencia máxima fue de 3.94 mW/m² con una densidad de corriente de 25 mA/cm², demostrando que el sistema puede generar bioenergía a partir del tratamiento de aguas residuales. La remoción de DQO fue del 73%, reduciendo la concentración inicial de 1175 mg/L a 319 mg/L. Aunque esta remoción es significativa, es menor en comparación con otros sistemas reportados en la literatura, como los sistemas de flujo ascendente que alcanzan una remoción del 91.7% y una mayor densidad de potencia.

Conclusiones

El sistema CCM-HAC demostró ser una alternativa viable para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, logrando una remoción significativa de DQO y una modesta producción de energía. Aunque el rendimiento fue inferior al de otros sistemas, los resultados sugieren que la combinación de CCM y humedales artificiales es prometedora, especialmente si se optimiza la configuración y se implementa a mayor escala. La baja generación de gases de efecto invernadero y el costo relativamente bajo de este sistema lo posicionan como una solución sostenible para el tratamiento de aguas residuales y la producción de bioenergía.

Referencias

Ealias, A. M., Meda, G., & Tanzil, K. (2024). Recent Progress in Sustainable Treatment Technologies for the Removal

of Emerging Contaminants from Wastewater: A Review on Occurrence, Global Status and Impact on Biota. *Reviews Of Environmental Contamination and Toxicology*, 262(1). <https://doi.org/10.1007/s44169-024-00067-z>

Hernández-Tenorio, R., Villanueva-Rodríguez, M., Guzmán-Mar, J. L., Hinojosa-Reyes, L., Hernández

Ramírez, A., & Vigil-Castillo, H. H. (2024). Priority list of pharmaceutical active compounds in aquatic environments of Mexico considering their occurrence, environmental, and human health risks. *Environmental Toxicology And Pharmacology*, 104502. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104502>

Evaluación de la concentración de clorofila y determinación del estado trófico de la ensenada La Salada

Barrón-Villarreal Mariela^a,
Gortáres-Moroyoqui Pablo^a,
Leyva-Soto Luis Alonso^a,
Acosta-Herrera Mario^a y
Mendoza-Chávez Claudia Erika^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉ claudia.mendoza@itson.edu.mx

Palabras clave: clorofila, eutrofización, aguas residuales, nutrientes, contaminación

Introducción

El crecimiento de las actividades industriales, urbanas y agrícolas han generado graves consecuencias como la contaminación de la ensenada La Salada, ubicada en Guaymas, Sonora. Las descargas de aguas residuales han generado un proceso de eutrofización, la cual promueve el crecimiento excesivo de algas y puede causar hipoxia, afectando la biodiversidad acuática de la zona y la salud pública (Méndez *et al.*, 2022). A pesar de la situación, existen pocos estudios que evalúen los niveles de contaminación y sus efectos en esta zona. El presente proyecto tiene como objetivo principal determinar la concentración de clorofila y nutrientes (NO₂, NO₃, PO₄) en el punto de la descarga de aguas residuales y a diferentes distancias dentro de la ensenada La Salada para monitorear el comportamiento y la distribución de los contaminantes en la zona y

determinar el estado de eutrofización del cuerpo de agua.

Metodología

El muestreo se realizó en la ensenada "La Salada", Guaymas, Sonora, de octubre 2023 a mayo 2024, en el punto de descarga y a 30, 85 y 132 m. Se evaluó nitrato, nitrito y clorofila según el manual 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater' (24^a ed., 2023) y para fósforo con el método de cloruro estañoso (NMX- AA-029-SCFI). El índice de eutrofización (TSI) se obtuvo a partir de la metodología propuesta por Carlson (1977).

Resultados y discusión

Las concentraciones de nitrato (NO₃) y nitrito (NO₂) fueron más altas en el mes de diciembre con valores más altos cercanos al punto de la descarga (423.48 µg N-NO₃/L) y disminuyeron con la distancia. En octubre, la concentración de fosfato (PO₄) cerca de la descarga fue de 2801.67 µg/L, disminuyendo a aproximadamente 500 µg/L a partir de 30 m. En diciembre, las concentraciones en 185 m alcanzaron 440.6 µg/L, siendo superiores a otros meses. Este incremento puede ser causado por la menor actividad biológica en causadas por la baja temperatura del agua en este mes con promedio de 19.7°C de acuerdo a registros históricos y el efecto de dilución por mareas altas (Falcão & Vale, 2003). En la figura 1 se muestra la concentración de clorofila a medida que aumenta la distancia dentro de la ensenada La Salada y en una playa libre de contaminación como referencia (Bahía Delfín, San Carlos, Sonora). Los niveles se mostraron altos cerca de la descarga y disminuyeron, estabilizándose a 117 m, excepto en diciembre, cuando

aumentaron a 136 y 153 m, coincidiendo con un incremento de nutrientes. En el caso del índice de eutrofización, La Salada mostró un estado mayormente eutrófico cerca de la descarga (30 m) y a distancias mayores (132 m) fue mesotrófico. Estos resultados sugieren una mayor eutrofización en comparación con los observados por Vargas González en el 2012, posiblemente debido al crecimiento de la población y la presión sobre el sistema de tratamiento. En marzo, se observó una tendencia oligotrófica a 132 m y mesotrófica a 30 y 85 m, posiblemente por la influencia de las mareas (Cervantes *et al.*, 2017). En bahía delfín, los niveles de clorofila (3.14 mg/m³) fueron estables, indicando equilibrio en la concentración de los nutrientes sin perturbación externa.

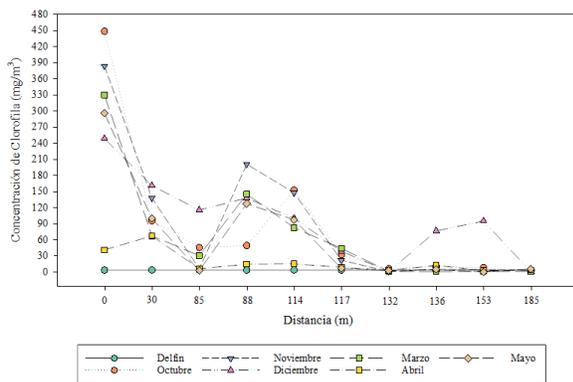


Figura 1. Variación de la concentración de clorofila en función de la distancia durante diferentes meses

Conclusiones

Se detectaron concentraciones elevadas de nutrientes (NO₃, NO₂ y PO₄) cerca de la descarga de aguas residuales, sobre todo en el mes de diciembre, lo cual puede deberse a factores como la menor actividad biológica causada por las bajas temperaturas del agua y el efecto de la dilución debido a las mareas en la zona. Por otra parte, el vertimiento de estas

aguas ha deteriorado la calidad del agua, asociándose al aumento de la población y la presión sobre el sistema de tratamiento, obteniéndose un índice de eutrofización eutrófico con tendencia mesotrófica en distancias lejanas dentro de la ensenada.

Referencias

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2023). Lippes WC, Braun-Howland EB, Baxter TE, eds. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24th ed. Washington DC: APHA Press.

Cervantes, R., Rodríguez, L., & López, S. (2017). Efecto de la marea en la concentración de nutrientes, clorofila a y parámetros físicos y químicos en una laguna costera subtropical (Bahía Magdalena, México). *Hidrobiológica*, 17(2), 253–264.

Falcão, M., & Vale, C. (2003). Dinámica de nutrientes en una laguna costera (Ría Formosa, Portugal): La importancia del intercambio de agua laguna–mar en la productividad biológica. *Ciencias Marinas*, 29(3), 425–433.

Méndez, M., Sánchez, E., & Segura, D. (2022). Gestión costera. Instituto Mexicano Del Transporte.

Vargas González, H. H. (2012). Vertimientos de aguas residuales urbanas y sus efectos en la condición ambiental de la Ensenada La Salada, Sonora, México. In 2012. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Tratamiento de aguas residuales vinícolas y su aprovechamiento en la producción de bioenergía

Frausto-Gutiérrez Martha María^a✉,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a,
Pérez-Viramontes Julieta Nicté^a y
Ávila-Vázquez Verónica^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad
Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
Campus Zacatecas, 98160 Zacatecas, Zac.,
México.

✉mfraustog2000@alumno.ipn.mx

reducción de sólidos, remoción de DQO

Introducción

Las aguas residuales generadas en la producción de vino representan un desafío ambiental debido a su elevada carga de contaminantes orgánicos e inorgánicos, su alta concentración de demanda química de oxígeno (DQO), la cual, según Thulasinathan *et al.* (2022) las concentraciones pueden llegar hasta 2200 mg/L, así como también nutrientes, sólidos suspendidos y residuos químicos. Las tecnologías convencionales de tratamiento, como los procesos biológicos aerobios y anaerobios, y la coagulación-floculación, aunque efectivas, no siempre son suficientes para manejar esta complejidad. Se requieren soluciones más avanzadas y flexibles que cumplan con las normativas ambientales, optimicen la eliminación de contaminantes y minimicen tanto el impacto ambiental como los costos (Ioannou *et al.*, 2015). Es por ello que las CCM son una alternativa de implementación empleando como sustrato el

agua residual vinícola para su tratamiento al tiempo que produce bioenergía. Las celdas de combustible microbianas (CCM) emergen como una alternativa innovadora y prometedora. Estas celdas convierten la energía química de los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales en energía eléctrica mediante bacterias exoelectrogénicas. Estudios recientes han demostrado su eficiencia en aguas residuales agroindustriales, incluyendo las vinícolas. La implementación de las CCM no solo podría eliminar eficientemente los contaminantes, sino también generar energía (Sciarria *et al.*, 2015).

Metodología

Para la construcción de la CCM se utilizó una cámara anódica anaerobia con un volumen de 300 ml. Para su configuración, se utilizaron 297 ml de agua destilada y 3 ml de lodos provenientes de una industria vinícola como sustrato. El cátodo consistió en una tela de carbono con un recubrimiento de platino (0.5 mg/cm²), se empleó Nafion como membrana de intercambio protónico y carbón felt como ánodo. La caracterización fisicoquímica del sustrato se realizó evaluando la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el reactivo HI-93754C-25, colocándolo en digestión durante 2 hr. a 150°C, para posteriormente medirlo en el fotómetro HANNA, también se realizó la medición de sólidos totales, los cuales fueron medidos por gravimetría y finalmente el pH, el cual se midió con un potenciómetro con base a las NMX establecidas para cada parámetro. Finalmente se realizó la caracterización electroquímica la cual se realizó mediante las técnicas electroquímicas de voltamperometría de barrido lineal (LSV. Se obtuvieron las curvas

de polarización y de potencia. El potencial a circuito abierto (OCP) se midió desde el día en que arrancaron las CCM (día 0) hasta el final del ciclo de degradación cuando disminuye el voltaje por debajo del inicial empleando el potenciómetro VERSA STAT.

Resultados y discusión

El ciclo de degradación de 62 días logró una remoción de la DQO del 99.84%. La eficiencia se atribuye a la rápida adaptación de microorganismos en las CCM, incluyendo bacterias electroactivas que facilitan la transferencia de electrones, en comparación con un estudio realizado por Cusick, Kiely & Logan (2010), quienes como resultado de remoción de la DQO obtuvieron un 65% para el uso de CCM. Ahora bien, los mismos autores realizaron una comparación con Celdas de Electrólisis Microbiana (CEM), sin embargo, se obtuvo un valor de remoción más bajo, el cual fue del 47%, lo cual muestra más eficiencia en las CCM. O bien Sciarria *et al.* (2015), obtuvo un total de remoción del 27%, lo cual indica que el presente trabajo muestra mayor eficiencia en cuanto a la remoción de la DQO. Además, se observó una reducción del 43.56% en sólidos totales; el pH inicial fue ácido (3.74) y durante el tratamiento se mostró una neutralización sin añadir agentes alcalinos, lo que sugiere que ciertos microorganismos metabolizaron compuestos orgánicos ácidos. Por ende, los resultados de la caracterización fisicoquímica de la CCM de este estudio se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la CCM.

Parámetro	Inicial	Final	Unidades
DQO	44,520	70	Mg/L
ST	0.730	0.412	g/L
pH	3.74	7.3	-

Notas de la tabla. ST: sólidos totales. pH: potencial de hidrógeno.

Para los resultados electroquímicos se obtuvo un voltaje a circuito abierto máximo de 540 mV, una densidad de potencia máxima de 2.73 mWm² y una densidad de corriente máxima de 10.23 mA/m² como se muestra en la Figura 1. Los cuales en comparación con resultados obtenidos por Cusick *et al.* (2010) quienes obtuvieron un voltaje a circuito abierto de 441 mV, lo cual es muy similar a lo obtenido en el presente estudio. Los resultados son prometedores de acuerdo con las comparaciones realizadas tanto con otros métodos, así como con otros estudios similares, demostrando que se obtuvieron resultados similares e incluso mayores en cuanto a remoción de la DQO, por lo que sientan las bases para hacer escalamientos donde la producción de bioenergía sea aprovechable.

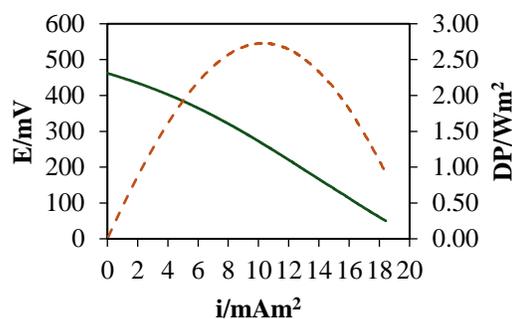


Figura 1. Curva de polarización y de potencia de la CCM empleando agua residual vinícola como sustrato.

Conclusiones

La remoción de DQO fue del 99.84% durante un ciclo de degradación de 62 días. Este valor es superior al de estudios previos, quienes lograron un 65% de remoción utilizando CCM. Además, comparado con las celdas de electrólisis microbiana (CEM), que alcanzaron solo un 47%, el resultado del estudio presente destaca la alta eficiencia del método empleado. Así como la reducción de sólidos suspendidos

totales del 43.56% y la neutralización del pH, alcanzando el 7.3. En cuanto a la producción de bioenergía, el voltaje a circuito abierto fue de 540 mV, con una densidad de potencia de 2.73 mW/m². Estos resultados son comparables e incluso superiores a otros estudios, como el de Cusick *et al.* (2010), quienes obtuvieron un voltaje a circuito abierto de 441 mV. Esto confirma el gran potencial de las CCM tanto para el tratamiento de aguas residuales como para la generación de energía.

Referencias

- Cusick, R. D., Kiely, P. D., & Logan, B. E. (2010). A monetary comparison of energy recovered from microbial fuel cells and microbial electrolysis cells fed winery or domestic wastewaters. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(16), 8855-8861. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.06.077>
- Ioannou, L. A., Li Puma, G., & Fatta-Kassinos, D. (2015). Tratamiento de aguas residuales de bodegas mediante procesos fisicoquímicos, biológicos y avanzados: Una revisión. *Journal of Hazardous Materials*, 286, 343-368. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.12.043>
- Sciarria, T. P., Merlino, G., Scaglia, B., D'Epifanio, A., Mecheri, B., Borin, S., Licoccia, S., & Adani, F. (2015). Electricity generation using white and red wine lees in air cathode microbial fuel cells. *Journal of Power Sources*, 274, 393-399. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.10.050>
- Thulasinathan, B., Jayabalan, T., Arumugam, N., et al. (2022). Wastewater substrates in microbial fuel cell systems for carbon-neutral bioelectricity generation: An overview. *Fuel*, 317, 123369. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123369>

Análisis integral de la síntesis de biocarbones modificados con hierro para adsorción de arsénico

González García Ana Paloma^{a✉},
Díaz Jiménez Lourdes^a y
Carlos Hernández Salvador^a

^aCinvestav-Unidad Saltillo, Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, 25900 Ramos Arizpe, México.

✉paloma.gonzalez@cinvestav.edu.mx

Palabras clave: adsorbente, guishe, sustentabilidad

Introducción

En México, se estima que 8.81 millones de personas están expuestas a agua contaminada por arsénico (As) (Alarcón-Herrera *et al.*, 2020), con una concentración superior al límite máximo permisible (0.010 mg L⁻¹) (NOM-127-SSA1-2021). La adsorción, especialmente con biocarbón modificado con hierro (BMFe), es un método eficiente y de fácil operación para remover As del agua. El BMFe se produce mediante pirólisis, carbonización hidrotermal o gasificación, incorporando hierro en su superficie mediante un pretratamiento de la biomasa o un postratamiento del biocarbón (Hassan *et al.*, 2020). Antes de aplicarlo a escala industrial, es clave evaluar y mejorar la sustentabilidad de su síntesis, lo cual puede lograrse al reciclar, usar cadenas de suministro circulares y optimizar el proceso. Indicadores como rendimiento (%R), costo (C), factor E (fE) y Ecoescala (Ee) permiten medir las mejoras en el proceso de síntesis. El objetivo de este

trabajo fue identificar la ruta más sustentable para la síntesis de BMFe mediante el análisis de las características fisicoquímicas, %R, C, fE, Ee y capacidad para remover As (%As).

Metodología

Los BMFe se sintetizaron a partir de guishe (bagazo del *Agave lechuguilla* Torrey), Fe₂(SO₄)₃ y virutas de acero. El proceso implicó impregnar del guishe con soluciones acuosas de hierro y posteriormente someterlo a pirólisis (700 °C y atm de N₂). Los biocarbones generados fueron BGS y BGV, a partir de Fe₂(SO₄)₃ y virutas disueltas, respectivamente. Estos se caracterizaron mediante técnicas espectroscópicas y microscópicas. La %As (Ecuación 1) de cada material se evaluó en un sistema por lotes a 30°C y pH 6, donde la concentración inicial de la solución fue de 0.750 mg L⁻¹ de As. Además, se calcularon %R, C, fE y Ee para cada método de síntesis (Ecuaciones 2-5).

$$\%As = \frac{C_f}{C_0} * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$\%R = \frac{m_p}{m_{MP}} * 100 \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$C = \frac{\sum m_{MP} * c + \sum i * c}{m_p} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\text{Factor E} = \frac{m_D}{m_p} \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$\text{Ecoescala} = \sum \text{penalizaciones} \quad \text{Ecuación (5)}$$

donde C_f y C_0 son la concentración final e inicial de As, m_p es la masa del producto, m_{MP} es la masa de materias primas, i es el insumo y c es el costo.

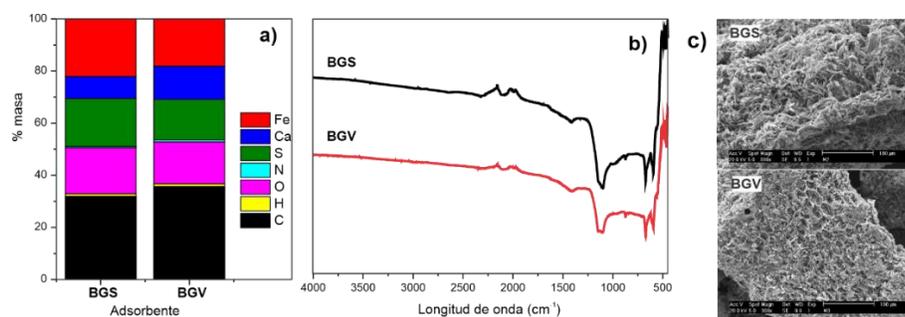


Figura 1. a) Composición química, b) espectros FTIR y c) micrografías de BGS y BGV

Tabla 1. Comparativa de la síntesis de BGS y BGV con la síntesis de otros adsorbentes.

Adsorbente	%R	C (USD g ⁻¹)	fE	Ee	%As	Referencia
BGS	92	1.2800	8.41	94	94±0.08 ^{a*}	Este trabajo
BGV	93	1.0800	23.28	85	92±0.01 ^a	
ZW-Fe	100	0.0201	10.10	90	83	(Medina-Ramirez <i>et al.</i> , 2019)
L-nMn	100	0.0958	0.008	86	97	(Prabhakar <i>et al.</i> , 2022)

Resultados y discusión

En la Figura 1, se observa que BGS y BGV tienen composición química, grupos funcionales y morfología semejantes. BGS y BGV removieron más del 90 % de As (Tabla 1) y estadísticamente no hay diferencia significativa en su comportamiento. Al comparar el costo de BGS y BGV (Tabla 1), resulta más barato sintetizar BGV. Esto sugiere que es viable sustituir el $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ por virutas de acero. Además, de esta manera se utiliza un residuo como materia prima, lo que contribuye a mejorar la sustentabilidad del proceso de síntesis. Por otro lado, al comparar la síntesis de BGS y BGV con la síntesis de una zeolita W modificada con Fe (ZW-Fe) y laterita modificada con nanopartículas de Mn (L-nMn) (Tabla 1). La síntesis de BGS y BGV presentan un %R y una Ee moderados, pero su C es más alto que el de ZW-Fe y L-nMn. Sin embargo, en estos últimos se considera que tanto la ceniza como la laterita no tienen valor comercial y no se toma en cuenta el costo de la electricidad asociada al proceso, aspectos que

sí se consideraron en la síntesis de BGS y BGV.

Conclusiones

BGV es el adsorbente más económico y sostenible para remover As del agua, destacando el uso de residuos industriales como una estrategia prometedora para el tratamiento de agua.

Referencias

- Alarcón-Herrera, M. T., Martín-Alarcon, D. A., Gutiérrez, M., Reynoso-Cuevas, L., Martín-Domínguez, A., Olmos-Márquez, M. A. and Bundschuh, J. (2020). Co-occurrence, possible origin, and health-risk assessment of arsenic and fluoride in drinking water sources in Mexico: Geographical data visualization. *Sci. Total Environ.* 698:134168. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134168>

Hassan, M., Naidu, R., Du, J., Liu, Y. and Qi, F. (2020) Critical review of magnetic biosorbents: Their preparation, application, and regeneration for wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 702:134893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134893>

Medina-Ramirez, A., Gamero-Melo, P., Ruiz-Camacho, B., Minchaca-Mojica, J. I., Romero-Toledo, R. and Gamero-Vega, K. Y. (2019) Adsorption of Aqueous As (III) in Presence of Coexisting Ions by a Green Fe-Modified W Zeolite. *Water.* 11(2). <https://doi.org/10.3390/w11020281>

NOM-127-SSA1-2021 Norma Oficial Mexicana, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

Prabhakar, R., Ghosh, S., Ali and Samadder, S. R. (2022) Efficient loading of nano Mn particles on calcined laterite soil (Lt-nMn) for higher removal of As(III) ions from groundwater: adsorption and eco-scale analysis. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29(27):41409-41428. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18136-4>

Propiedades fisicoquímicas de residuos de bambú (*Guadua aculeata*), de la región de Hueytamalco, Puebla

Aguilar Sánchez Patricia^{a✉},
Martínez Enríquez Arturo Isaías^a y
Fuentes López Martha Elena^b

^aCentro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Industrial, Zona Industrial, 25900 Ramos Arizpe, Coahuila.

^bInstituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 56.5 Carretera Federal México-Puebla, 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla.
✉ patricia.aguilar@cinvestav.mx

Palabras clave: Celulosa, hemicelulosa, lignina, carbono.

Introducción

Los residuos forestales y agrícolas son una fuente de biomasa que puede transformarse en algún producto con valor agregado. El bambú es una especie de rápido crecimiento, se aprovecha en 3 o 5 años, un tiempo menor a las especies forestales. Por cada culmo se pueden generar hasta 7 kilos de hojas verdes (Durango *et al.*, 2015). En podas, los residuos representan hasta 5 T·ha⁻¹·año⁻¹ (Orozco & de Lira, 2020). En México se registraron 36 especies leñosas y cuatro herbáceos de bambú, de las cuales destacan cañizos, caña brava y guadua. La especie de *Guadua aculeata* es una especie de bambú poco estudiada en México y esta se caracteriza por tener espinas en sus ramas, alcanza los 25 m de altura y 25 cm de

diámetro. Los usos de esta gramínea son en construcción, artesanías y muebles. La calidad de la biomasa varía, dependiendo de la edad y la parte del culmo, donde interfieren sus propiedades físicas, químicas y anatómicas. Por lo que el objetivo del trabajo es determinar las propiedades fisicoquímicas de los residuos de *G. aculeata* (hojas, ramas y puntas) para determinar su viabilidad en alguna aplicación.

Metodología

Las muestras de bambú: hoja, rama y punta (culmo) se colectaron en el predio “Las Margaritas” ubicado en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. La determinación de humedad se realizó según la norma TAPPI 412 om-22. El pH se midió con un potenciómetro por el método de Sandermann-Rothkamm. La composición elemental, la composición química, la identificación de grupos funcionales se observaron de forma cualitativa mediante detección de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre (CHONS), determinación de celulosa (cel), hemicelulosa (hem) y lignina (lig) y espectroscopia infrarroja por la transformada de Fourier de reflectancia total atenuada (FT-IR).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestra que el contenido de humedad base húmeda indica que el bambú es un almacenador de agua, pues pierde más del 50% de su peso. En base seca, la humedad menor al 10% fue la ideal para poder trabajar en los análisis químicos. El pH de las muestras resultó ser ligeramente ácido, esto puede afectar su uso: con metales, pues puede corroer, la fijación de sustancias preservantes, fabricación de tableros y productos plastificados y el proceso de pulpeo (Bernabé-

Santiago, 2013). La celulosa y la hemicelulosa son los componentes más presentes en los residuos. El porcentaje de hemicelulosa en la hoja fue mayor y esto pudiera ser debido a la presencia de otros azúcares como la arabinosa, xilosa y galactosa.

Tabla 1. Componentes físicoquímicos de los residuos de bambú.

Prueba	Hoja	Rama	Punta
pH	5.48 ± 0.3	5.83 ± 0.2	5.62 ± 0.3
H _{b.h.} (%)	47 ± 7.1	55.3 ± 3.4	64.3 ± 0.8
H _{b.s.} (%)	5.2 ± 0.2	5.82 ± 0.5	6.2 ± 0.2
cel (%)	39.5 ± 0.4	45 ± 0.8	46.1 ± 0.2
hem (%)	25.8 ± 0.5	21.5 ± 0.5	21.9 ± 0.7
lig (%)	9.4 ± 0.1	20.6 ± 2.5	20.1 ± 1.1
C (%)	43.7 ± 1.3	42.8 ± 1.8	43.3 ± 1.4
O (%)	41.3 ± 0.6	40.7 ± 1.5	41 ± 1.0
H (%)	5.3 ± 0.3	5.4 ± 0.7	5.4 ± 0.5
N (%)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.1
S (%)	0.1 ± 0.02	0.05 ± 0.01	*

*No detectado

El análisis elemental muestra un mayor contenido de C y O, esto se atribuye a las estructuras de cadenas largas que corresponden principalmente a la celulosa. Los porcentajes de nitrógeno y azufre son importantes desde el punto de vista medioambiental, debido a la formación de NO_x y SO₂, en procesos de combustión.

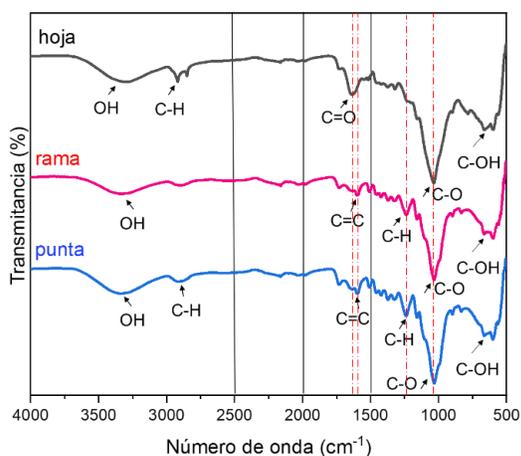


Figura 1. Espectros de infrarrojo de los residuos de bambú.

En el FT-IR se observan bandas y picos que se identifican en la zona de enlaces simples y dobles enlaces que hacen referencia a los grupos funcionales de la lignina, celulosa y hemicelulosa, mismos que se determinaron en la composición química. El contenido de carbono se puede correlacionar con los espectros FT-IR (Figura 1) en los picos más intensos 1030-1050 cm⁻¹.

Conclusiones

En el espectro de FTIR, se observó la presencia de los tres componentes principales del bambú: celulosa, hemicelulosa y lignina. La composición elemental del bambú resaltó la presencia de carbono y oxígeno, elementos presentes en la estructura de la pared celular. Debido a su alto contenido de celulosa, estos materiales podrían pasar por un proceso de carbonización donde se utilice como combustible o su uso como carbón activado para purificación de agua. Por su contenido de lignina, los residuos también se podrían utilizar para formar pellets. Debido a su alto contenido de azúcares estos materiales son viables para usarse en procesos de fermentación y producir etanol.

Referencias

- Bernabé-Santiago R., Ávila-Calderón L.E., Rutiaga-Quiñones J.G. (2013). Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. *Madera y Bosques*. 19 (2): 21-35. <https://doi.org/10.21829/myb.2013.192338>
- Durango Á.E.S., Gallardo C.C., Contreras C.A. (2015). Estudios para el aprovechamiento potencial de hojas de

Guadua angustifolia Kunth (Poaceae), para el sector cosmético. *Revista Cubana de Farmacia*. 49(3):535-542.

Technical Association for the Pulp and Paper Industries (TAPPI). 2000b. (2020). Moisture in pulp, paper & paperboard. TAPPI Test method T 412 om-22. TAPPI Press. Atlanta, Georgia. EUA. 4 p.

Orozco G.G., de Lira F.R.C. (2020). Elaboration of biochar for the use of residues from bamboo (*Guadua angustifolia*) prunes wastes. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 7:1-9.

Sandermann, W. y M. Rothkamm. (1959). Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 17:433-440.

Seroprevalencia y área geográfica asociada a *Trypanosoma cruzi* en perros del sur de Sonora, México

Peña-Romero Diego^{a✉},
Molina-Barrios Ramón^a,
Hernández-Chávez Juan^a,
Rodríguez-Morales Olivia^b,
Fonseca-Arce Minerva^b y
Cedillo-Cobián Jesús Raymundo^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

^bInstituto Nacional de Cardiología “Ignacio
Chávez”, Departamento de Biología
Molecular, 14080 Ciudad de México, México.

✉ diego.pena119962@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Enfermedad de Chagas,
Trypanosoma cruzi, Sur de Sonora,
Seroprevalencia, Área geográfica

Introducción

La Enfermedad de Chagas (EC) es una enfermedad infecciosa provocada por un protozooario flagelado llamado *Trypanosoma cruzi*, descrita por primera vez en 1911 por Carlos Chagas (Chagas, 1911), que afecta principalmente células musculares (como el miocardio) y células ganglionares, más comúnmente visto en humanos, aunque también afecta otras especies como el perro, gato, roedores, marsupiales, armadillos, etc. (Rassi & de Rezende, 2012). En un estudio publicado por Arnal *et al.* 2019 indicaron datos epidemiológicos obtenidos durante los años 2006 al 2017 para estimar la prevalencia de la

enfermedad de Chagas en México. En Sonora, México a pesar de ser considerada zona endémica, no existe un programa de información, prevención o control de la enfermedad de Chagas. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de anticuerpos contra *T. cruzi* en perros del sur del estado de Sonora, determinar la correlación con del área geográfica donde habitan los perros a la presencia de anticuerpos anti-*T. cruzi*.

Metodología

Se tomaron 403 muestras sanguíneas de caninos sin importar la raza, sexo y edad, siempre y cuando sean de talla mediana o grande que aporten al menos 3mL de sangre y con un tutor (31 de cada municipio del Sur de Sonora), además para la determinación de factores de riesgo se realizó una entrevista a los tutores, las muestras se centrifugaron a 5000 rpm/5min. obteniendo la parte serológica de cada individuo los cuales fueron sometidos a una prueba de ELISA indirecta para la determinación de IgG anti-*T. cruzi*, con la información obtenida a partir de las encuestas se realizó un análisis donde las variables con un $P < 0,20$ fueron analizadas mediante regresión logística múltiple, utilizando SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc).

Resultados y discusión

Los resultados indican que existen 54 (13.3%) casos reactivos a *T. cruzi* en los municipios de Huatabampo, Etchojoa, Cajeme, Bácum, Guaymas, Empalme y Rosario de Tesopaco, siendo la zona geográfica donde radican los caninos (municipios costeros) uno de los principales factores de riesgo además de la edad, el piso y el sexo. Arce-Fonseca *et al.* (2017) demostraron la seroprevalencia de *T.*

cruzi en el municipio Empalme, Sonora, México con resultados de 4.44% lo cual concuerda con el 3.22% obtenido en el mismo municipio, por otro lado, el Laboratorio de Geoprocusamiento Epidemiológico en Ambiente y Salud en 2012 asociaron los casos del estado de Sonora principalmente a la zona de sierra del estado, ligando al vector con climas cálidos húmedos, subhúmedos y semicálidos húmedos lo cual no concuerda con este estudio donde se demostró presentarse principalmente en municipios costeros.



Figura 1. Región geográfica del muestreo denominada “Sur de Sonora”

Tabla 1. Número y porcentaje de reactivos a IgG Anti-*T. cruzi* según el municipio

Municipio	Muestras	Reactivos	%	% Total (403)
Huatabampo	31	12	38.7	2.97
Etchojoa	31	2	6.45	0.49
Cajeme	31	15	48.38	3.71
Bácum	31	8	25.80	1.98
Guaymas	31	15	48.38	3.71
Empalme	31	1	3.22	0.24
Rosario de Tesopaco	31	1	3.22	0.24
Álamos	31	0	0	0
Benito Juárez	31	0	0	0
Navojoa	31	0	0	0
Quiriego	31	0	0	0
San Ignacio Rio Muerto	31	0	0	0
Yécora	31	0	0	0
TOTAL	403	54	-	13.3



Figura 2. Número de casos reactivos a IgG anti-*T. cruzi* según el municipio de procedencia.

Tabla 2. Determinación de la probabilidad de razones (Odd Ratio)

Variable	Odd Ratio	95% CI
Municipio	0.7874	0.7134 - 0.8690
Edad	2.5826	1.3135 - 5.0778
Piso	3.8266	1.3393 - 10.9328
Sexo	1.9309	1.0388 - 3.5868

Conclusiones

El agente *T. cruzi* está presente en caninos procedentes del sur de Sonora, México, pudiendo resultar en la causa de un problema de salud pública, siendo diagnosticada erróneamente debido a la escasa información sobre la prevalencia del patógeno en el área, por lo que este trabajo toma relevancia debido a que es el primer estudio realizado en el estado de Sonora que considera a los caninos como centinela del patógeno.

Referencias

Arce-Fonseca, M., Carrillo-Sánchez, S. C., Molina-Barrios, R. M., Martínez-Cruz, M., Cedillo-Cobián, J. R., Henao-Díaz, Y. A., y Rodríguez-Morales, O. (2017). Seropositivity for *Trypanosoma cruzi* in domestic dogs from Sonora, Mexico. *Infectious Diseases of Poverty*, 6, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s40249-017-0333-z>

Arnal, A., Waleckx, E., Rico-Chavez, O., Herrera, C., y Dumonteil, E. (2019).

Estimating the current burden of Chagas disease in Mexico: A systematic review and metaanalysis of epidemiological surveys from 2006 to 2017. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(4) <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006859>

Chagas, C. (1911). Nova entidade morbida do homem. Rezumo geral de estudos etiologicos e clinicos PELO Dr. Carlos Chagas, Chefe de Serviço. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 3, 219.

Laboratorio de Geoprocamiento Epidemiológico en Ambiente y Salud (2012) Chagas Distribución en México. Recuperado de: <http://lages.uaslp.mx/chagas.php>

Rassi, A., y de Rezende, J. M. (2012). American trypanosomiasis (Chagas disease). *Infectious Disease Clinics*, 26(2), 275-291. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2012.03.002>

Calidad microbiológica del agua en ITESCA Cajeme

Galarza-Rodríguez Marcos Alberto^{a✉},
Soto-Cisneros Fernanda^a,
Quintana-Loya David^a,
Orrantia-López Miriam^a y
Rendón-Ortiz María Isabel^a

^aTecnológico Nacional de México/I.T.
Superior de Cajeme. Centro de Investigación
en Tecnología del Agua y Ambiente (CITAA),
Cd. Obregón, Sonora, México.
✉espejij@gmail.com

Palabras clave: Agua potable, análisis microbiológico, calidad del agua, Coliformes fecales

Introducción

El acceso a agua potable de calidad es un derecho humano fundamental y un pilar esencial para la salud pública. Sin embargo, se estima que alrededor de 200 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada, lo que representa un grave riesgo para la salud (OMS, 2022). Este estudio se centra en la calidad del agua en el centro universitario v donde se han identificado problemas relacionados con la contaminación microbiológica, particularmente por coliformes totales y fecales y por la necesidad de proteger la salud de los habitantes y la comunidad estudiantil, que suman más de 2,700 personas, expuestos al riesgo de consumir agua no tratada (ITESCA, 2021).

Metodología

Se tomó 1 muestra simple por cada sitio seleccionado cada mes “Tomas de agua

potable de los edificios 1 y 5 de ITESCA” durante enero - diciembre del 2023. siguiendo

las directrices establecidas en la NOM-014-SSA1-1993. Las pruebas microbiológicas son de acuerdo a la NOM-112-SSA1-1994 que establece el método microbiológico para estimar el número de coliformes presentes en agua potable para este caso, por medio de incubación de la muestra en caldo lactosado prueba presuntiva y caldo verde bilis y caldo EC para la prueba confirmativa, para el cálculo del NMP (Número Más Probable). Las mediciones de parámetros fisicoquímicos incluyeron pH, dureza, cloro residual, conductividad y sólidos disueltos totales, Las cuales son parámetros que están en la NOM-127-SSA1-2021 y las cuales serán utilizadas en este estudio para saber las condiciones del básicas del agua.

Resultados y discusión

El objetivo de evaluar la calidad del agua según la norma NOM-127-SSA1-2021. Los resultados indicaron que en ITESCA Cajeme hay ausencia de gas CO₂, Turbidez, Coliformes totales y fecales para el 100% de las muestras, El cloro residual se detectó en un rango de 0-0.6 ppm. El empleo de las bacterias indicadoras de contaminación fecal continúa resultando de gran utilidad en el monitoreo de la calidad de las aguas; sin embargo, se hace necesario no sólo evaluar los medios y métodos de enumeración de estos indicadores, sino también, evaluar el empleo de algunos indicadores en ambientes, como los coliformes totales (Larrea-Murrell, Jeny Adina; Rojas-Badía, Marcia María; Romeu-Álvarez, Beatriz; Rojas-Hernández, 2013). Como se puede observar en la tabla 1 y 2, durante los 12 meses de muestreos en todos los muestreos de

Tabla 1. Parámetros Microbiológicos en ITESCA Edificio 1

	Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Cloro residual (ppm)	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6
Pruebas presuntivas	Gas (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Turbidez (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pruebas confirmadas	Coliformes totales (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Coliformes fecales (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Resultados (NMP/100 mL)	ND											

Nota: NMP: Numero Más Probable, (A/P) = Ausencia, Presencia, ND= No Detectable

Tabla 2. Parámetros Microbiológicos en ITESCA Edificio 5

	Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Cloro residual (ppm)	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6	0-0.6
Pruebas presuntivas	Gas (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Turbidez (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Pruebas confirmadas	Coliformes totales (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Coliformes fecales (A/P)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Resultados (NMP/100 mL)	ND											

Nota: NMP: Numero más Probable, (A/P) = Ausencia, Presencia, ND= No detectable

los análisis microbiológicos se observa la ausencia de coliformes fecales y totales, y la presencia de cloro residual.

Conclusiones

Se concluyó que el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme presenta una ausencia de Coliformes totales y fecales, esto debido a que la institución cuenta con un sistema de potabilización la cual se encarga de que el agua que se consume en la Institución cumpla con los parámetros microbiológicos dictados por la NOM-127-SSA1-2021, los cuales indican que los límites máximos son <1-1 o ausencia.

Referencias

ITESCA (2021). Informe de logros y avances del programa institucional de mediano plazo.

https://www.itesca.edu.mx/docs/Informe_Logros_Avances_2016-2021.pdf

Larrea-Murrell, Jeny Adina; Rojas-Badía, Marcia María; Romeu-Álvarez, Beatriz; Rojas-Hernández. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la. CENIC Ciencias Biológicas, 24-33.

Martínez A, Fonseca K, Ortega JL, García-Luján C. Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca

hidrológica del río Nazas, México.
Química Viva. 2009.

Organización Mundial de la Salud OMS
(2022, 21 de marzo). Agua para
consumo humano. OMS:
[https://www.who.int/es/news-
room/fact-sheets/detail/drinking-water](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water)

Bioestimulación y bioaumentación como tecnologías para la remediación de un suelo agrícola contaminado

Alba-Mijares Gisel Guadalupe^a,
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a✉,
Sánchez-Mata Omar^a y
Ávila-Vázquez Verónica^a

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad
Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental,
98160 Zacatecas, Zac., México.
✉maguileraf@ipn.mx

Palabras clave: Biorremediación, eficiencia de remediación, hidrocarburos, hongo hidrocarbonoclasta, lombricomposta

Introducción

La contaminación por hidrocarburos es un problema ambiental grave causado por la gestión y manejo inadecuados del petróleo y sus derivados, desde ciudadanos hasta grandes industrias, que afecta a cuerpos de agua, suelo, aire, flora, fauna, y salud humana (Salimnezhad *et al.*, 2021). Los derrames de hidrocarburos alteran la estructura del suelo, impiden el intercambio gaseoso y reducen la actividad microbiana, lo que disminuye la fertilidad y la cobertura vegetal. Se han desarrollado varias tecnologías de biorremediación para mitigar estos efectos, destacando por su bajo costo y eficiencia (Garzón *et al.*, 2017). La biorremediación utiliza organismos vivos para degradar contaminantes y puede realizarse por bioaumentación, que introduce microorganismos,

o por bioestimulación, que aporta nutrientes para mejorar el suelo y la actividad microbiana (Daccó *et al.*, 2020). Este trabajo tuvo como objetivo aplicar la bioestimulación y bioaumentación como tecnologías para la remediación de un suelo agrícola contaminado con hidrocarburos.

Metodología

Se tomó una muestra representativa de un suelo agrícola contaminado con hidrocarburos, y se caracterizó fisicoquímicamente para conocer la cantidad de nitrógeno y materia orgánica. Se llevaron a cabo resiembras de una cepa de hongo hidrocarbonoclasta (*Aspergillus sp.*), provista por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto Politécnico Nacional. Se cuantificó la concentración de conidios con una cámara de Neubauer para conocer la cantidad de inóculo utilizado en el bioaumentación. Se montaron 9 ensayos por triplicado, utilizando 100 g de suelo, con diferentes concentraciones de inóculo (104, 105 y 106 conidios/g) para la bioaumentación, y combinaciones de lombricomposta (30, 60 y 90 g/kg de suelo) para la bioestimulación. La lombricomposta contenía 20% de materia orgánica y 80 mg/kg de nitrógeno inorgánico, considerados como valores “muy altos” con base en la normatividad mexicana (SEMARNAT, 2002). Su adición al suelo aportó estos compuestos como nutrientes para ser aprovechados por el hongo hidrocarbonoclasta. Tras 49 días, se cuantificó la concentración de hidrocarburos remanentes mediante extracción Soxhlet para evaluar la eficiencia de remediación.

Resultados y discusión

La muestra compuesta de suelo contaminado con hidrocarburos mostró tener una concentración

Tabla 1. Resultados de los porcentajes de remoción de hidrocarburos en los ensayos de remediación.

Número de ensayo	Concentración de inóculo (conidios/g)	Lombricomposta (g/kg de suelo)	Porcentaje de remoción (%)	Promedio	Desviación estándar
1	10 ⁴	30	28.9	30.7	1.8
2		60	33.2		
3		90	30.1		
4	10 ⁵	30	45.7	46.1	0.4
5		60	46.7		
6		90	45.9		
7	10 ⁶	30	43.2	41.9	0.9
8		60	41.7		
9		90	40.9		

inicial de hidrocarburos de 30,000 \pm 236 mg/kg. Este valor fue 10 veces más alto que el límite establecido por la Norma Oficial Mexicana (3,000 mg/kg) para uso de suelo agrícola, forestal, pecuario y de conservación (SEMARNAT & SSA, 2013). Por lo tanto, el sitio debe ser remediado a corto plazo. La Tabla 1 muestra los resultados referentes a los porcentajes de remoción de hidrocarburos en los ensayos de remediación, los cuales fueron favorables ya que alcanzaron porcentajes de remoción de hidrocarburos entre 28.9% y 46.7% tras 49 días de tratamiento.

Se puede observar en la Tabla 1 que las mayores eficiencias se obtuvieron con una concentración de 105 conidios/g del hongo hidrocarbonoclasta y 60 g/kg de lombricomposta. Si bien, la bioestimulación con nutrientes promueve la biodegradación de contaminantes por microorganismos, Jabbar *et al.* (2022) reportaron que altos niveles de concentración de nutrientes podrían inhibir la actividad microbiana y, por ende, la biodegradación. Por lo tanto, se confirma en este estudio que es más conveniente utilizar una concentración media de inóculo (105) y adición media de lombricomposta (60 mg/kg). Yang *et al.* (2023) reportaron la biodegradación de hidrocarburos con los hongos *Purpureocillium lilacinum* and

Penicillium chrysogenum, obteniendo porcentajes de remoción de 15.3% y 7.6%, respectivamente. La baja eficiencia fue asociada a los compuestos recalcitrantes de los hidrocarburos, condiciones ambientales, y requerimientos de nutrientes de los propios microorganismos. Por lo tanto, es favorable la conjunción de tecnologías como la bioaumentación y bioestimulación para lograr mayores porcentajes de remoción.

Conclusiones

La mayor eficiencia de remediación (46.1%) de un suelo agrícola contaminado con hidrocarburos se alcanzó utilizando una concentración de 105 conidios/g de un hongo hidrocarbonoclasta y 60 g/kg de lombricomposta en 49 días. Estos valores representan las condiciones más apropiadas para remediar el suelo mediante bioaumentación y bioestimulación, ya que se logra una mayor biodegradación de hidrocarburos en el suelo.

Referencias

Daccò, C., Girometta, C., Asemoloye, M. D., Carpani, G., Picco, A. M., y Tosi, S. (2020). Key fungal degradation patterns, enzymes and their applications for the removal of aliphatic hydrocarbons in polluted soils: A review. *International*

Biodeterioration & Biodegradation, 147, 104866.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104866>

Garzón, J. M., Rodríguez, J. P., y Hernández, C. H. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Salud*, 19(2), 309-318.
<https://doi.org/10.22267/rus.171902.93>

Jabbar, N., Alardhi, S., Mohammed, A., Salih, I., Albayati, T. (2022). Challenges in the implementation of biorremediation processes in petroleum-contaminated soils: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100694.
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100694>

Salimnezhad, A., Soltani, J. H., y Soorki, A. A. (2021). Effects of oil contamination and bioremediation on geotechnical properties of highly plastic clayey soil. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(3), 653-670.
<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2020.11.011>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2002). NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Federación. Diario Oficial

de la Federación.
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2280n.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] y Secretaría de Salud [SSA]. (2013). NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313544&fecha=10/09/2013

Yang, S., Zhang, J., Feng, Y. (2023). Biodegradation of hydrocarbons by *Purpureocillium lilacinum* and *Penicillium chrysogenum* from heavy oil sludge and their potential for bioremediation of contaminated soils. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 178, 105566.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2023.105566>

Distribución espacial y temporal de la temperatura y precipitación y su relación con la vegetación de Sonora

Casillas López Miriam Andrea^a✉,
Sánchez Mejía Zulia Mayari^a y
Vega Puga Masuly Guadalupe^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 5 de febrero 818 sur, Cp. 85000,
Ciudad Obregón, Sonora, México.

✉miriam.casillas217439@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Aridez, clima, vegetación,
temperatura, precipitación

Introducción

El estado de Sonora, ubicado en el noroeste de México, es una región caracterizada por la presencia de los ecosistemas áridos y semiáridos, existen diferentes conceptos para la aridez, uno de ellos es el propuesto por Rzedowski (1968) que lo define como aquellas regiones cuya provisión de agua es deficiente y su humedad atmosférica y precipitación ofrecen valores por debajo del promedio mundial anual. Los ecosistemas de tierras áridas son fundamentales en los procesos biofísicos globales, ya que influyen y mantienen el equilibrio atmosférico (Gaur, 2017). Los cambios en los extremos climáticos tienen un efecto importante en los ecosistemas, en particular en la vegetación (Wang, 2021). Con entornos geográficos variados y un clima complejo, la interacción entre la vegetación y los extremos climáticos es un proceso muy complicado. Una de las formas utilizadas para el estudio de la aridez es el índice de Martonne,

este proporciona una indicación de la aridez de un lugar en función de la relación entre la precipitación y la temperatura (Tabla 1). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad espacial y temporal de la temperatura y precipitación en Sonora durante el periodo 1960-2021, así como su relación con la vegetación local.

Tabla 1. Zonificación Climática Según el Criterio de Interpretación del Índice de Martonne.

Clasificación	Intervalo
Desiertos (Hiperárido)	0 a 5
Semidesértico (Árido)	5 a 10
Semiárido de tipo mediterráneo	10 a 20
Subhúmeda	20 a 30
Húmeda	30 a 60
Perhúmeda	>60

Fuente: IG Instituto de Geografía UNAM, 2013.

Metodología

Los datos climáticos de alta resolución utilizados fueron proporcionados por WorldClim, estos cuentan con una resolución temporal de 2.5 minutos y una resolución espacial de 21 km², los productos utilizados incluyen temperaturas mínimas y máximas, así como precipitaciones anuales para los años 1960, 2010, 2020 y 2021. Estos datos se procesaron utilizando QGIS, extrayendo únicamente los datos correspondientes al estado de Sonora. Posteriormente, se calculó la precipitación total anual y la temperatura máxima promedio anual mediante la suma y el promedio de las capas de datos. El índice de aridez de Martonne, que relaciona la precipitación con la temperatura media anual, se utilizó para evaluar el grado de aridez en la región por medio de la Ecuación 1.

$$I_m = PP / (T + 10) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Resultados y discusión

El análisis reveló un incremento de 1.67 °C en las temperaturas máximas y mínimas en el desierto de Sonora entre 1960 y 2021, lo que indica un calentamiento significativo de la región. Las precipitaciones anuales mostraron un aumento de 51.3 mm en los valores mínimos y una disminución de 170.601 mm en los máximos, lo que sugiere una mayor variabilidad en la distribución de las lluvias. Estos cambios climáticos han afectado a la vegetación, favoreciendo a las especies más tolerantes a la sequía y afectando negativamente a aquellas que carecen de mecanismos de supervivencia en condiciones áridas. Además, el índice de aridez mostró un incremento en los valores mínimos, manteniendo una clasificación hiperárida, mientras que los valores máximos disminuyeron, cambiando de una clasificación húmeda a subhúmeda (Figura 1).

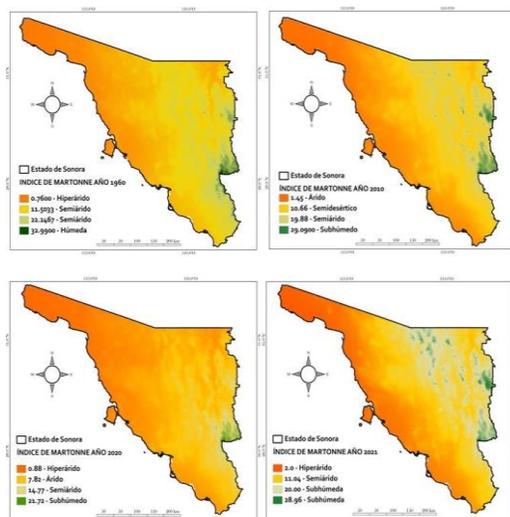


Figura 1. Distribución de la aridez en el estado de Sonora

Conclusiones

Los resultados del estudio destacan el impacto del cambio climático en los ecosistemas de Sonora, especialmente en la distribución y composición de la vegetación. Los aumentos

en la temperatura y la variabilidad en la precipitación han favorecido la expansión de especies xerófitas, lo que podría alterar la composición vegetal y afectar los servicios ecosistémicos de la región. Es fundamental continuar monitoreando estas tendencias para desarrollar estrategias de gestión y conservación que mitiguen los efectos adversos del cambio climático.

Referencias

Gaur, MK; Squires, VR Extensión geográfica y características de las zonas áridas del mundo y sus habitantes. En *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands*; Springer International Publishing: Berlín/Heidelberg, Alemania, 2017; págs. 3–20.

Rzedowski, J. (1968). "Vegetación de México." Editorial Limusa.

Wang, S., Liu, Q., & Huang, C. (2021). Vegetation change and its response to climate extremes in the arid region of northwest China. *Remote Sensing*, 13(7), 1230. <https://doi.org/10.3390/rs13071230>

Síntesis y caracterización de nanocompósito Fe₃O₄@grafeno: potencial adsorbente para la purificación de agua

Mejía-Santillán Mirian Esther^{a,c}✉,
Pariona-Mendoza Nicolaza^b y
Martínez-Enríquez Arturo I.^a

^aCentro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Saltillo/ Coahuila, 25900 México.

^bInstituto de Ecología A.C / Red de Estudios Moleculares Avanzados/ Xalapa, Veracruz, 91073 México.

^cUniversidad Nacional Mayor de San Marcos/Facultad de Ciencias Físicas/ Lima, Perú

✉ mirian.mejia@cinvestav.mx

Palabras clave: Nanocompósito, magnetita, grafeno, adsorbente

Introducción

La contaminación por metales pesados en México, principalmente causada por la minería, está aumentando y representa un grave problema de salud y medioambiental. Los metales más preocupantes son el mercurio, arsénico, plomo y cromo, que contaminan suelos y aguas, afectando la cadena trófica. Existen técnicas convencionales y materiales nanométricos para la estabilización y remoción de metales pesados. Recientemente compuestos de grafeno y nanopartículas de óxido de hierro se han convertido de interés para la remoción de sustancias contaminantes en matrices acuosas mediante el proceso de adsorción, debido a sus

propiedades fisicoquímicas mejoradas, como la presencia de más sitios activos, a causa del aumento del área superficial por encontrarse en tamaño nanométrico (Pelalak, 2021). Por lo tanto, compuesto de óxidos de hierro con grafeno es un material prometedor para ser empleado en aplicaciones medioambientales. La sinergia de las propiedades excepcionales del grafeno y las nanopartículas de magnetita (NPsM) como nanocompósito potencia sus propiedades, lo que lo convierte en un candidato prometedor como adsorbente para la remediación de agua. Por lo cual, en este trabajo reportamos la síntesis de nanocompósito de magnetita/grafeno (Fe₃O₄@G) a través de un enfoque sencillo, ecológico, y económico, como factible adsorbente para la purificación del agua.

Metodología

Para la síntesis del Fe₃O₄@G se utilizaron nanoplaquetas de grafeno que fueron modificadas con nanopartículas de magnetita. La síntesis se realizó en condiciones de solución acuosa de agua desionizada a ebullición. Todos los productos químicos fueron de grado analítico y no se requirió purificación adicional. Para determinar la estructura cristalina se aplicó la técnica de difracción de rayos X, utilizando un difractómetro de geometría Bragg-Brentano con radiación CuK α ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$), el barrido de las muestras cubrió un rango 2θ de 10 a 80°. El método de polvo (cristalitos orientados aleatoriamente) fue utilizado para la preparación de la muestra. La indexación de fases en los difractogramas se realizó utilizando la base de datos Power Diffraction Files (PDF). La morfología de la superficie de la muestra se examinó utilizando un

microscopio electrónico de barrido (Jeol JSM-7800 F). Las micrografías mostraron que las NPsM, con un tamaño menor a 100 nm, estaban incrustadas en la superficie de las láminas de grafeno.

Resultados y discusión

En primer lugar, debemos señalar que la reacción de oxidación a ebullición de la sal ferrosa es un método eficaz para escalar la síntesis y es un proceso respetuoso con el medio ambiente. La Figura 1 muestra el difractograma de rayos X refinado por Rietveld del $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$, donde se evidencia la estructura espinel inversa de la magnetita (PDF N° 86-1340) con grupo espacial Fd-3m, además del plano cristalino (002) característico del grafeno en la posición 2θ de 26° , obteniéndose como fase mayoritaria las NPsM, con un parámetro de red de 8.399 \AA y tamaño de cristalito de 57 nm , el parámetro de red es muy cercano al valor reportado (Cornell, 2003); es decir, (8.396 \AA). Es posible que el tamaño de partícula obtenido fue debido al tiempo de reacción (1h) y al uso de las nanoplaquetas de grafeno que ayudan a eludir la aglomeración de las NPsM, que tienen como característica particular formar agregados (Sunil-Kumar, 2021).

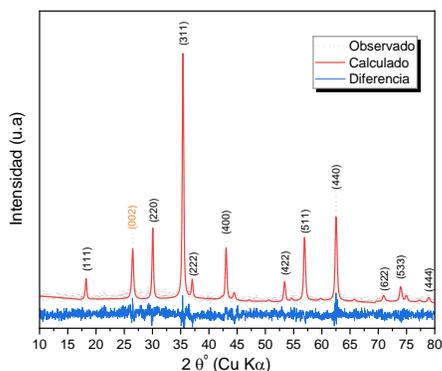
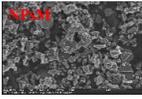
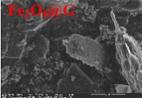


Figura 1. Difractograma refinado de Rietveld del $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$

La Tabla 1 muestra imágenes MEB (Microscopía Electrónica de Barrido) y resultados EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, en inglés) de las NPsM y del $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$. Al comparar las imágenes, se puede observar la presencia de magnetita y algunas arrugas en la superficie de las láminas de grafeno. Los análisis EDS confirman la existencia del hierro en la superficie de las láminas de grafeno. Todas las NPsM exhiben una distribución de tamaño no uniforme de partículas facetadas. La micrografía del $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$ demuestra que, sí hubo efecto sobre el tamaño de las NPsM y su distribución, pero no en la morfología de las partículas; es decir, no se evidencian notables diferencias en la forma de las partículas. Además, la medida de EDS confirma, la concentración de las NPsM entre las láminas de grafeno.

Tabla 1. Micrografías de las NPsM y $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$ y resultados EDS

MEB y EDS	Elemento	Peso (%)	Atómico (%)
	O	33.60	63.86
	Fe	66.40	36.14
	Total	100.0	100.0
	C	31.19	51.46
	O	27.29	33.80
	Fe	41.52	14.74
	Total	100.0	100.0

Conclusiones

El análisis de difracción de rayos X del $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$ revela la presencia de NPsM con una estructura espinela cúbica inversa y un tamaño de cristalito de aproximadamente 57 nm . También, se identificó un pico característico de grafeno a 26° . Las micrografías MEB muestran que las NPsM tienen una morfología octaédrica, aunque el $\text{Fe}_3\text{O}_4@G$ presenta algunas arrugas en su superficie. Los análisis de EDS confirman la

presencia de óxido de hierro en la superficie del grafeno. Dado su bajo costo y rápida síntesis, este material tiene potencial como agente de remediación de aguas contaminadas, y se realizarán ensayos de cinética de adsorción para evaluar su efectividad.

Referencias

Cornell, R. a. (2003). *The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurences and Uses* (Vol. 659). Germany: U. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. doi.org/10.1002/3527602097

Pelalak, R. Z. (2021). Oak wood ash/GO/Fe₃O₄ adsorption efficiencies for cadmium and lead removal from aqueous solution: Kinetics, equilibrium and thermodynamic evaluation. *Arabian Journal of Chemistry*, 14, 1-7. doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.102991

Sunil Kumar, M. K. (2021). Synthesis and characterization of iron oxide. *Contemporary Physics*, 144-162. doi.org/10.1080/00107514.2022.2080910

Determinación de microcontaminantes en el agua de la Ensenada la Salada, en Guaymas, Sonora

Mendoza-Chávez Claudia Erika^a,
Leyva-Soto Luis Alonso^a,
Díaz-Tenorio Lourdes Mariana^a,
Panduro-Leyva Ana Lilia^a y
Gortáres-Moroyoqui Pablo^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉pablo.gortares@itson.edu.mx

Palabras clave: Acetaminofén, florfenicol, aguas residuales, descarga

Introducción

La Ensenada la Salada en Guaymas, Sonora es un cuerpo de agua natural que recibe diariamente descargas de aguas residuales municipales. A pesar de que el agua residual pasa por un sistema de tratamiento biológico conformado por una serie de lagunas de oxidación, existe el riesgo potencial de la descarga de microcontaminantes hacia la ensenada. Los microcontaminantes son compuestos que aún en bajas concentraciones presentan efectos en el ambiente y que debido a sus características son de difícil degradación. Algunos ejemplos de microcontaminantes incluyen productos farmacéuticos que se encuentran clasificados como contaminantes emergentes debido a su uso extensivo y consecuentemente descarga al medio ambiente, causando efectos ecológicos y de salud (Khoshvaght *et al.*, 2021). El

acetaminofén (paracetamol), es uno de los analgésicos más utilizado es el cuyo riesgo al ambiente se relaciona con la formación de intermediarios de su ruta de oxidación altamente tóxicos como el N-acetyl-p-benzoquinona imina o NAPQI (Gorrochategui *et al.*, 2023). El florfenicol, forma parte de los antibióticos de uso veterinario que suelen encontrarse de libre venta y ser utilizados en grandes cantidades, con diversos efectos en el ambiente (Reda *et al.*, 2013). El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo principal determinar la presencia de acetaminofén y florfenicol en el agua de la Ensenada La Salada, en Guaymas, Sonora por medio de técnicas espectrofotométricas para monitorear su dispersión en el ambiente.

Metodología

La toma de muestras se realizó en la ensenada La Salada, ubicada en Guaymas, Sonora (27°52'36.31"N, 110°55'30.01"O) en el influente y efluente del sistema de lagunas de oxidación, y dentro de la ensenada a 30, 85 y 132 m del punto de la descarga de agua residual tratada. Los muestreos se realizaron durante los meses de octubre y noviembre 2023, y junio 2024 para ambos microcontaminantes. El análisis de acetaminofén se realizó por medio de absorbancia a 246 nm utilizando un espectrofotómetro UV-Vis (multiskan go, thermoscientific) por la metodología de López & Hernandez (2016). El análisis de florfenicol se realizó por medio de cromatografía líquida de alta resolución (Cromatógrafo modelo Agilent 1260) utilizando metanol:agua (65:35 v/v) como fase móvil a una longitud de onda de 225 nm y un tiempo de corrida de 5 min.

Resultados y discusión

En los análisis del agua residual se detectó la presencia de ambos microcontaminantes. La Figura 1, muestra las concentraciones de acetaminofén (AC) y florfenicol (FF) en la entrada y salida de las lagunas de oxidación en la ensenada La Salada. Las concentraciones máximas de acetaminofén en el agua residual a la entrada y salida de las lagunas de oxidación fueron de 9.58 y 8.49 mg/L respectivamente, ambas durante el mes de junio. Las eficiencias de remoción en el sistema de lagunas de oxidación para este compuesto fueron de 15, 36 y 11% en los meses de octubre, noviembre y junio respectivamente.

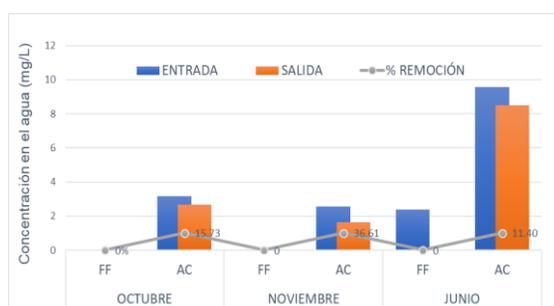


Figura 1. Concentraciones de acetaminofén (AC) y florfenicol (FF) en las muestras a la entrada y salida de las lagunas de oxidación en la Ensenada La Salada en Guaymas, Sonora

En el caso de las muestras en el mar, se detectaron concentraciones de acetaminofén de 1.74 y 1.59 mg/L a una distancia de 30 m del punto de la descarga durante los meses de octubre y noviembre, respectivamente. Con respecto al florfenicol, la concentración máxima en el agua a la entrada de las lagunas fue de 2.38 mg/L durante el mes de junio. En las muestras en el mar, se detectó la presencia de florfenicol a 30, 85 y 130 m del punto de la descarga. El valor máximo encontrado en las muestras en el mar fue de 0.735 mg/L a una distancia de 30 m de la descarga durante el mes de noviembre. Este valor es significativamente

menor la concentración letal media para peces de 830 mg/L (Pez-luna Blugill), sin embargo, es superior al valor para algunas especies de algas y plantas acuáticas como diatomea marina (0.0336 mg/L). Las diferencias en el comportamiento del acetaminofén y el florfenicol en el ambiente podría relacionarse su diferencia en propiedades como la solubilidad, con una solubilidad mayor del acetaminofén igual a 14 mg/ml contra 1.3 mg/L del florfenicol que regula su transporte en la ensenada.

Conclusiones

Se realizó un monitoreo de las concentraciones de acetaminofén y florfenicol en el cuerpo de agua la Ensenada la Salada. Las concentraciones de acetaminofén fueron superiores a las concentraciones de florfenicol en todos los meses con valores máximos en el mes de junio. Se detectaron concentraciones de ambos microcontaminantes a distintas distancias del punto de la descarga de agua residual tratada en la ensenada la Salada. Los resultados obtenidos demuestran la presencia y posible acumulación de ambos compuestos en el ambiente.

Referencias

- Gorrochategui, E., Vee, M. L., Selmi, H., Gérard, A., Chaker, J., Kraiss, A. M., ... & David, A. (2023). Paracetamol/acetaminophen hepatotoxicity: new markers for monitoring the elimination of the reactive N-Acetyl-p-benzoquinone imine. *bioRxiv*, 2023-04.
- Khoshvaght, H., Delnavaz, M., & Leili, M. (2021). Optimization of acetaminophen removal from high load synthetic

pharmaceutical wastewater by experimental and ANOVA analysis. *Journal of Water Process Engineering*, 42, 102107.

López, E. P., & Hernández, A. R. (2016). Validación de un método para cuantificación de acetaminofén en tabletas de 500 mg por espectrofotometría ultravioleta para la prueba de uniformidad de contenido. *InterSedes*, 17(35).

Reda, R. M., Ibrahim, R. E., Ahmed, E. N. G., & El-Bouhy, Z. M. (2013). Effect of oxytetracycline and florfenicol as growth promoters on the health status of cultured.

Remoción de cromo hexavalente acuoso por perlas de quitosano modificado

Correa-Murrieta Ma. Araceli^a,
Aguilar-Mendoza Verónica Alexandra^a✉,
Fernández-Quiroz Jesús Daniel^b,
Sánchez-Duarte Reyna Guadalupe^a y
Martínez-Macías María del Rosario^c

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Cd. Obregón, Sonora,
México.

^bUniversidad de Sonora, Departamento de
Ingeniería Química y Metalurgia,
Hermosillo, Sonora, México.

^cUniversidad de Sonora, Departamento de
Ciencias de la Salud, Cd. Obregón, Sonora,
México.

✉veronica.aguilar203676@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Quitosano, ácido glutámico, ácido acético, cromo hexavalente

Introducción

En el Valle del Yaqui se generan gran cantidad de residuos como lo son las cáscaras de camarón. El cromo hexavalente es muy tóxico, afectando la salud seriamente (Aguilar-Loyola, 2021). A partir de las cáscaras de camarón se puede obtener quitosano (Q), y para mejorar su capacidad de adsorción, se le realizan modificaciones físicas y químicas. La mayoría de los agentes de modificación química son tóxicos, por lo cual el enfoque se ha desplazado hacia reticulantes de origen natural, como el ácido glutámico (AGL), que es un aminoácido biodegradable, ecológico y

respetuoso con el medio ambiente (Wang *et al.*, 2024). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia de remoción de cromo hexavalente acuoso, usando quitosano modificado con ácido glutámico.

Metodología

Las soluciones del adsorbato se prepararon a partir de dicromato de potasio, $K_2Cr_2O_7$. La concentración de Cr (VI) se midió en un espectrofotómetro UV-VIS (AGILENT, C.A., EE. UU). Adsorbentes. Se produjeron seis tipos de adsorbentes, adaptando diferentes metodologías (Abdelwahab *et al.*, 2016; Correa-Murrieta *et al.*, 2014; Velázquez, 2016). Primeramente, perlas de AA-AGL-Q, disolviendo AGL en ácido acético (AA) y añadiendo Q con agitación y calor. Las perlas AA-AGL-Q-GLA se obtuvieron modificando las mencionadas anteriormente con glutaraldehído (GLA). Las perlas AA-AGL-Q-GLA-P se obtuvieron modificando las anteriores y protonando con HCl. Las perlas AGL-Q se obtuvieron disolviendo el Q en AGL con agitación y calor. Las perlas AGL-Q-GLA, se obtuvieron modificando las perlas AGL-Q con GLA. Las perlas AGL-Q-GLA-P se obtuvieron modificando las perlas AGL-Q-GLA con HCl. Ensayos de adsorción. Los ensayos se realizaron utilizando 1 g de perlas de cada tipo, poniéndolas en contacto con 25 mL de Cr (VI) a 10 ppm, durante 40 min. Finalmente se midió la concentración y se calculó el % de remoción de Cr (VI) utilizando la Ecuación 1.

$$\% \text{ remoción} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde C_i y C_f son las concentraciones inicial y final del adsorbato, respectivamente.

Resultados y discusión

La remoción del Cr (VI) en todos los casos se realizó de manera efectiva, como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, al comparar los adsorbentes AGL-Q, AA-AGL-Q con AGL-Q-GLA, AA-AGL-Q-GLA, se tiene una diferencia significativa a favor de AGL-Q y AGL-Q-GLA lo cual indica que el adsorbente funciona mejor en ausencia del AA como disolvente. En el caso de los adsorbentes modificados mediante la protonación de los grupos funcionales AGL-Q-GLA-P y AA-AGL-Q-GLA-P, se observa un mayor porcentaje de remoción casi duplicando el obtenido con el segundo entrecruzamiento.

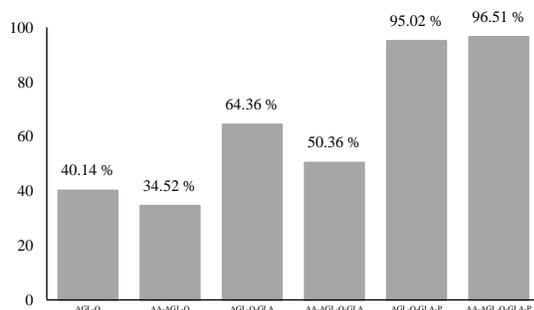


Figura 1. Remoción de Cr (VI) mediante el uso de adsorbentes obtenidos a partir de quitosano con distintas modificaciones.

El comportamiento anterior sugiere que la adición de AA no contribuye a la remoción de cromo. El uso del AGL mejoró la eficiencia de remoción, debido a su contribución de grupos funcionales que al protonarse ofrecen sitios disponibles para la adsorción del metal, observándose que las perlas de AGL-Q-GLA-P y AA-AGL-Q-GLA-P muestran una remoción superior al 90%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Abdelwahab *et al.* (2016), quienes obtuvieron mejores resultados de remoción utilizando quitosano modificado con ácido glutámico.

Conclusiones

Las perlas de AGL-Q-GLA-P y AA-AGL-Q-GLA-P, presentan el mayor porcentaje de remoción de cromo hexavalente acuoso, debido a la adición del AGL, por lo que pueden ser usadas para la remoción de contaminantes acuosos.

Referencias

- Abdelwahab, H. E., Hassan, S. Y., Mostafa, M. A., & El Sadek, M. M. (2016). Synthesis and characterization of glutamic-chitosan hydrogel for copper and nickel removal from wastewater. *Molecules*, 21(6), 684.
- Aguilar Loyola, J. S. (2021). Reducción de la concentración de cromo (VI) en una solución acuosa mediante el uso del exoesqueleto de *Litopenaeus vannamei* y el mucílago de la hoja de *Opuntia ficus-indica*.
- Correa-Murrieta, M. A., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D. I., & Sánchez-Duarte, R. G. (2014). Synthesis and application of modified chitosan beads for iron removal: kinetic and isotherm models. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 9(6), 895-904.
- Velázquez, G. (2016). Cinéticas de adsorción de cromo (VI) en quitosano protonado modificado con glutaraldehído. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Wang, J., Wang, D., Su, Z., Song, Y., Zhang, J., & Xiahou, Y. (2024). Green synthesis of chitosan/glutamic acid/agarose/Ag

nanocomposite hydrogel as a new platform for colorimetric detection of Cu ions and reduction of 4-nitrophenol. *International Journal of Biological Macromolecules*, 259, 129394.

Diversidad de especies arbóreas y arbustivas nativas en un sistema agroforestal en Chenalhó, Chiapas

Pérez-Martínez Mario Abique^a✉,
Fierros-Mateo Reynol^b,
Ramírez-López Xareni^c,
Bolom-González Benita^d y
Pérez-Bolom Mariana Guadalupe^a

^aInstituto de ciencias Agropecuarias,
Universidad Autónoma del estado de
Hidalgo, CP43660, Tulancingo de Bravo,
Hidalgo, México.

^bUniversidad Abierta y a Distancia de
México, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330,
CDMEX.

^cPrepa en Línea-SEP, Álvaro Obregón, C.P.
01040, CDMEX.

^dUniversidad para el Bienestar Benito Juárez
García, Chenalhó, Chiapas.
✉pe196041@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Biodiversidad, índice de Simpson, índice de Shannon, sistemas agroforestales, agricultura sustentable, bosques

Introducción

La reconversión de la fragmentación de los bosques México, ha sido un gran reto por diversos factores, por lo tanto, los sistemas agroforestales han sido una estrategia para tal y han cobrado grandes relevancias en los últimos tiempos, principalmente por la generación de servicios ecológicos (Román *et al.*, 2016), pueden mejorar la fertilidad del suelo, ayuda al ciclo de nutrientes, restaurar las tierras degradadas, mejorar la conservación del

agua, limitar el desarrollo de las plagas y evitar la erosión del suelo (SADER, 2020), además, contribuye a almacenar grandes cantidades de carbono (Opio *et al.*, 2013). Por tal motivo se realiza el presente estudio para contribuir a la temática ya que en el área es escasa la información. El objetivo del presente trabajo fue conocer la diversidad de especies forestales nativas mediante la aplicación del índice de diversidad, para asignar un valor agregado en un sistema agroforestal en Chenalhó, Chiapas.

Metodología

Se realizó un censo en las especies arbóreas y arbustivas en el área de interés, se aplicó el índice de diversidad de Simpson y Shannon para conocer los parámetros de diversidad y la dominancia relativa.

Resultados y discusión

Los resultados indican que existen 203 individuos en el lugar, se registraron 26 especies con 18 arbóreos y 8 arbustivas, en 21 género y familias (Figura 1). En la estimación del índice de diversidad Simpson se obtuvo un valor de 0.82783, mientras que la dominancia es de 0.17217 y en la de Shannon fue de 3.02. Dichos valores muestran que se tiene una alta diversidad de especies arbóreas y arbustivas en el sitio. Estos valores son similares con los resultados obtenidos por Ugalde-Lezama (2022), en un estudio en sistemas agroforestales en Huatusco, Veracruz. La similitud en la riqueza de especies puede estar influenciada por el tipo de vegetación y la forma tradicional del sistema.

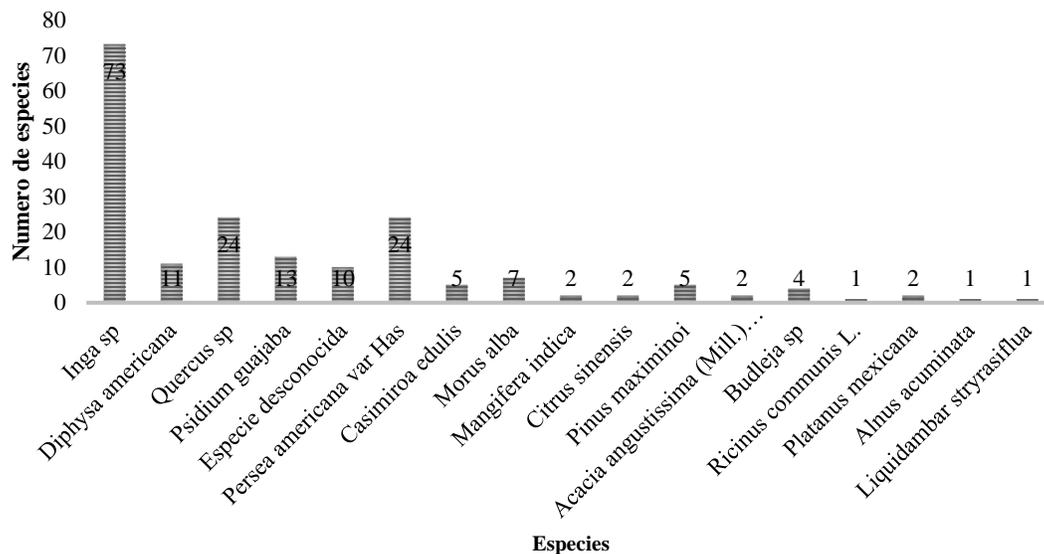


Figura 1. Especies forestales en un sistema agroforestal en el Chenalhó, Chiapas

Conclusiones

La diversidad en el área de estudio es buena en las especies forestales nativas del Bosque Mesófilo de Montaña, además, la diversidad permite potencializar el equilibrio ecológico del área. Los resultados sugieren que diversidad encontrada en el área de estudio, podría generar ingresos en un futuro, al aprovechar la madera de las especies forestales, así como sus frutos y semillas, resultados que pueden ser replicados en la zona de Chenalhó, Chiapas, y con ello, favorecer la conservación de los sistemas agroforestales.

Referencias

- Afanas'ev, N.I., Prokshin, G.F., Lichutina, T.F., Gusakova, M.A., Vishnyakova, A. P., Sukhov, D.A., Derkacheva, O.Y. (2007). Effect of residual lignin on the supramolecular structure of sulfate hardwood cellulose: A Fourier IR study. *Macromolecular Chemistry and Polymeric Materials*, 80(10), 1724–1727. Doi:10.1134/S1070427207100254
- Boisset, C., Chanzy, H., Henrissat, B., Lamed, R., Shoham, Y., Bayer, A.E. (1999). Digestion of crystalline cellulose substrates by the *Clostridium Thermocellum* cellulosome: Structural and morphological aspects. *Biochemical Journal*, 340(3), 829-835. doi: 10.1042/0264-6021:3400829
- Cadenas González, M. T., Tirado-Vasquez, A., Bolio-López, G. I., Hernández-Córdova, R., Leo-Avelino, G., Ramos-Valencia, J. J., & Castañeda-Castañeda, C. B. (2022). Use of agroindustrial waste to obtain cellulose from oil palm bagasse (*Elaeis guinnensis*). *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i8.22>
- Contreras, Q. J. H., Trujillo, P. H. A., Arias, O. G., Pérez, C. J. L., Delgado, F. E. (2010).

Espectroscopía ATR-FTIR de celulosa:
Aspecto instrumental y tratamiento
matemático de espectros. *e-Gnosis*, 8. 1-
13.

Shinoj, S., R. Visvanathan, S. Panigrahi, and
M. Kochubabu. (2011). Oil palm fiber
(OPF) and its composites: A review. *Ind.
Crop Prod.* 33:7-22

Recuperación de exopolisacáridos de *Porphyridium Cruentum* por precipitación alcohólica

Garza-Valverde Elizabeth^a,
Morales-Landa Juan Luis^b,
Luiz-Santos Noe^b y
García-Gómez Celestino^a✉

^aFacultad de Agronomía, UANL. General Escobedo, Nuevo León, México.

^bCIATEJ, A.C. Parque de Investigación e Innovación Tecnológica PIIT, Apodaca, Nuevo León, México.

✉celestino.garciagm@uanl.edu.mx

Palabras clave: Microalga, alcohol, precipitación, exopolisacáridos

Introducción

Las microalgas pueden producir pigmentos, proteínas, lípidos y polisacáridos (Moreira *et al.*, 2022). *Porphyridium cruentum* es una microalga roja que puede sintetizar compuestos bioactivos como R-Ficoeritrina, ácidos grasos poliinsaturados y exopolisacáridos (EPS) (Huang *et al.*, 2021). Los EPS se consideran un subproducto de la producción de pigmentos, que se pueden transformar en un ingrediente potencial y sostenible (Cristofoli *et al.*, 2023). Estos tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticoagulantes, antibacterianas y anticancerígenas (Moreira *et al.*, 2022). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue optimizar la obtención de EPS a partir de *Porphyridium cruentum* mediante precipitación alcohólica.

Metodología

La microalga fue cultivada en reactores de capacidad de 40 L con una intensidad de luz de 290 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y una velocidad de aireación de 1 vvm. El crecimiento de la microalga se evaluó con densidad óptica a 680 nm. El medio de cultivo con microalga fue centrifugado a 4000 rpm durante 15 min a 25 °C. Posteriormente el sobrenadante fue pasado por un filtro de papel de 2 μm . El filtrado fue mezclado con diferentes alcoholes: etanol e isopropanol en diferentes proporciones (1:1, 1:2 y 1:3) y fue almacenado 12 h en diferentes temperaturas (-20 °C, 0 °C y 20 °C), finalmente las muestras fueron decantadas conservando el precipitado, el cual fue secado a 40 °C. La variable respuesta fue el rendimiento ($\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$) y fue utilizada Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con un diseño compuesto central y tres puntos centrales. Con el software Design Expert (Versión 12) se investigaron los efectos y la predicción de las condiciones óptimas, resultando 26 corridas.

Resultados y discusión

Las Figuras 1a y 1b muestran el efecto de la temperatura (°C) y la proporción (v:v) del alcohol utilizado, donde se observan los valores más altos del rendimiento con una temperatura de -20 °C, mientras que para la proporción (v:v) de alcohol utilizada los resultados fueron muy parecidos entre ellos.

Cuando se utilizó una temperatura de -20 °C hubo valores superiores a 2 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ de rendimiento de EPS. Cristofoli *et al.* (2023) obtuvieron 2.57 $\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ de EPS en *P. cruentum* al precipitar el sobrenadante con etanol en una proporción 1:1 y almacenarse a

18 °C, pero aumentaron su rendimiento a 3.539 mg·ml⁻¹ al utilizar una proporción de 1:2 de etanol.

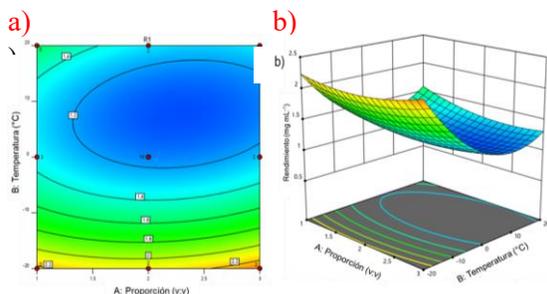


Figura 1. Gráficas del efecto de la temperatura (°C) y proporción (v:v) de alcohol en el rendimiento de EPS, a) Contorno y b) Superficie 3D

En la Figura 2 son mostrados los diagramas de las rampas de deseabilidad de la optimización numérica. Los valores obtenidos fueron de 1:3 para proporción y -20 °C para temperatura, con los cuales se puede alcanzar 2.31813 mg·ml⁻¹ de rendimiento de EPS.

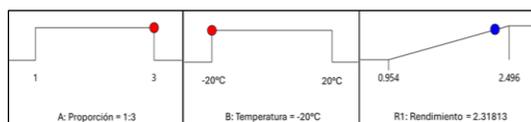


Figura 2. Rampas de deseabilidad de la optimización

Conclusiones

La microalga *Porphyridium cruentum* tiene la capacidad de producir EPS. Dado el creciente uso en la industria, es necesario optimizar las etapas tecnológicas para reducir los costos a gran escala. Con este objetivo, se empleó el método de superficie de respuesta para optimizar la precipitación alcohólica de los EPS. Las condiciones óptimas encontradas para aumentar el rendimiento fueron una proporción de alcohol de 1:3 y -20 °C de temperatura de almacenamiento, lo que permitió alcanzar un rendimiento de 2.31813

mg·ml⁻¹. En resumen, la precipitación alcohólica representa una estrategia prometedora para la obtención de EPS.

Referencias

- Cristofoli, N.L., Lima, A.R., Costa, A.M.R., Evtugin, D., Silva, C., Varela, J., Vieira, M.C. (2023). Structural characterization of exopolysaccharides obtained from *Porphyridium cruentum* exhausted culture medium. *Food and Bioprocess Processing*. 138, 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2023.02.001>
- Huang, Z., Zhong, C., Dai, J., Li, S., Zheng, M., He, Y., Wang, M., Chen, B. (2021). Simultaneous enhancement on renewable bioactive compounds from *Porphyridium cruentum* via a novel two-stage cultivation. *Algal Research*. 55, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102270>
- Moreira, J.B., Kuntzler, S.G., Muniz, P.Q., Aguiar, A.P., Zaparolin M., Vitorino, J.L., Vieira, J.A., Greque, M. (2022). Recent Advances of Microalgae Exopolysaccharides for Application as Biofloculants. *Polysaccharides*. 3, 264-276. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides3010015>

Impacto de la rugosidad en membranas poliméricas modificadas en aplicaciones de filtración

Cuevas-López Eduardo Antonio^a,
Sánchez-Duarte Reyna Guadalupe^a✉,
Villegas-Peralta Yedidia^b,
Álvarez-Sánchez Jesús^a,
Madera-Santana Tomás Jesús^b y
Campas-Baypoli Olga Nidia^c

^aDepartamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 85000, Ciudad Obregón Sonora, México.

^bCentro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CTAOV, 83304 Hermosillo, Sonora, México.

^cDepartamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora, 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México.

✉reyna.sanchez@itson.edu.mx

Palabras clave: quitosano, soporte, superficie.

Introducción

El uso creciente del agua como receptor de desechos afecta gravemente la calidad de este recurso, reduciendo su disponibilidad para diversos fines. La falta de agua dulce es una realidad mundial, no solo debido a la contaminación, sino también a que el 97.5% del agua en la Tierra es salada. En este contexto, la desalinización del agua marina y la descontaminación de lagos y ríos se presentan como soluciones clave para el suministro de agua potable, especialmente ante el crecimiento poblacional y la creciente demanda de agua limpia (Huaypuma-Pari, 2022). Actualmente se utilizan varias

tecnologías para la desalinización del agua del mar y aguas salobres como estuarios, acuíferos y lagunas costeras, los cuales se dividen en procesos térmicos y de membranas, siendo estas últimas eficaces para separar agua pura de fuentes salinas. En este escenario, tecnologías naturales como las membranas de quitosano surgen como alternativas prometedoras por su eficiencia, sostenibilidad y capacidad para mitigar la escasez de agua. Estas membranas, derivadas de polímeros naturales, son clave en la gestión del agua a nivel mundial, ofreciendo ventajas en desalinización y filtración; la rugosidad superficial de las membranas de quitosano es un aspecto crítico para su rendimiento en filtración y purificación de agua, donde las irregularidades en su superficie afectan la interacción con fluidos y partículas, mejorando la eficiencia de separación y aumentando el área disponible para el proceso, controlar la rugosidad es vital para optimizar la selectividad, durabilidad y eficiencia de estas membranas, tanto en aplicaciones ambientales como biomédicas (Saleem *et al.*, 2020). El objetivo de este trabajo es determinar la variación de rugosidad superficial generada por soportes poliméricos sintéticos en membranas de quitosano con microscopía de fuerza atómica.

Metodología

Las membranas con soporte de poliéster se prepararon a partir de una solución de quitosano 1.5% m/v en ácido acético al 2% v/v con glutaraldehído 0.0107% v/v y se secaron en soportes de poliéster bajo condiciones controladas, mientras que las membranas de quitosano puro se fabricaron en moldes de vidrio, siguiendo la metodología de (Aguilar-Ruiz *et al.*, 2023). La rugosidad de ambas

membranas se evaluó mediante microscopía de fuerza atómica (AFM), midiendo la altura promedio (Ra) y la desviación estándar (Rq), con mediciones realizadas por triplicado.

Resultados y discusión

La caracterización de las membranas de quitosano con soporte (Figura 1) mostró rugosidades promedio (Ra) de $0.316 \mu\text{m}$ y (Rq) de $0.403 \mu\text{m}$, reflejando una superficie irregular en comparación con las membranas de quitosano puro (Figura 2), que presentan una superficie lisa de $0.0015 \mu\text{m}$ y un (Rq) de $0.000446 \mu\text{m}$, teniendo un rango de desviación en promedio de 0.352 a 0.501 nm reportados por (Amaral *et al.*, 2006). Estos resultados indican que el soporte de poliéster incrementa la rugosidad, lo que podría mejorar la superficie de contacto de las membranas en aplicaciones de filtración en membranas a base de biopolímeros, donde se requieren materiales más robustos y duraderos.

La mayor rugosidad observada en las membranas con soporte podría aumentar la capacidad de retención de partículas al ofrecer más área de contacto. Sin embargo, también existe el riesgo de que las partículas queden atrapadas en las irregularidades de la superficie, lo que incrementa el riesgo de ensuciamiento y dificultará la limpieza, afectando la eficiencia a largo plazo.

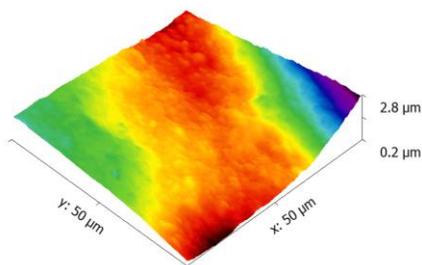


Figura 1. Rugosidad de membrana de quitosano con soporte

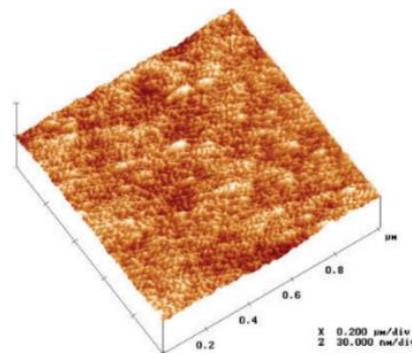


Figura 2. Rugosidad de membrana de quitosano puro

Conclusiones

El control de la rugosidad superficial es clave para mejorar el rendimiento de las membranas de quitosano en procesos de filtración de agua. Un aumento de la rugosidad puede ser ventajoso en aplicaciones donde se priorice la retención de partículas, como en los procesos de filtración, al aumentar la superficie de contacto y capturar más eficientemente los contaminantes, sin embargo, este incremento debe gestionarse cuidadosamente para evitar un excesivo ensuciamiento, garantizando un balance adecuado entre la eficiencia de filtración y la facilidad de limpieza de las membranas.

Referencias

- Aguilar-Ruiz, A., Dévora-Isiordia, G., Sánchez-Duarte, R., Villegas-Peralta, Y., Orozco-Carmona, V., & Álvarez-Sánchez, J. (2023). Chitosan-Based Sustainable Coatings for Corrosion Inhibition of Aluminum in Seawater. *Coatings*, 13(9), 1615. <https://doi.org/10.3390/coatings13091615>
- Amaral, I. F., Granja, P. L., Melo, L. V., Saramago, B., & Barbosa, M. A. (2006).

Functionalization of chitosan membranes through phosphorylation: Atomic force microscopy, wettability, and cytotoxicity studies. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(1), 276–284. <https://doi.org/10.1002/app.23737>

Huaypuma Pari, E. J. (2022). Sistema de aprovechamiento pluvial y usos de paneles fotovoltaicos para optimizar el consumo de agua potable y energía eléctrica en el IESTP Suiza en Pucallpa. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Saleem, H., Trabzon, L., Kilic, A., & Zaidi, S. J. (2020). Recent advances in nanofibrous membranes: Production and applications in water treatment and desalination. *Desalination*, 478, 114178. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.114178>

Diagnóstico ambiental de una empresa de autotransporte al sur de Sonora

López Alvarez Gabriela^a✉
Galindo Valenzuela Evelia^a,
Benítez López Joseline^a y
Encinas Yepis David Heberto^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 5 de febrero 818 sur, 85000, Cd.
Obregón, Sonora, México.
✉lopezal.gabriela@gmail.com

Palabras clave: Cultura ambiental, gestión de residuos, impacto ambiental, normatividad ambiental, autotransporte.

Introducción

En el mercado actual, el desarrollo sostenible es un componente esencial para los modelos de negocios (Carro-Suárez 2017) debido a la necesidad de mejorar la relación del humano con su entorno y mitigar el impacto negativo de la actividad humana. Uno de los sectores más importantes en el mercado es el de autotransporte, que incluye el transporte de todo tipo de mercancía y pasajeros (SCT, 2016), este posee ventajas socioeconómicas ya que brinda conectividad y promueve la movilidad terrestre, pero atraviesa desafíos ambientales importantes, principalmente el consumo de combustibles, emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos peligrosos y de manejo especial y la contaminación acústica (IMT, 2023).

Pese a la creciente necesidad de adoptar prácticas sostenibles, las organizaciones del

sector autotransporte enfrentan múltiples barreras internas y externas, tales como la falta de recursos, el desconocimiento en materia ambiental y las restricciones económicas y normativas (García-Samper *et al.*, 2022). Esto dificulta la integración de una cultura ambiental sólida. Por lo tanto, este estudio se propuso identificar las principales problemáticas ambientales generadas por las operaciones de una empresa de autotransporte en el sur de Sonora y generar un diagnóstico que permita mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos (RP) y residuos de manejo especial (RME), en conformidad con la normatividad vigente.

Metodología

El análisis se llevó a cabo mediante un enfoque integral que incluyó la evaluación de las áreas operativas y administrativas de la empresa: mantenimiento, suministros, llantas, lavado, combustible y oficinas administrativas. Se realizaron recorridos junto con los responsables de cada proceso para identificar áreas críticas relacionadas con el almacenamiento inadecuado de residuos. Asimismo, se llevaron a cabo entrevistas abiertas para comprender las percepciones del personal sobre los impactos ambientales de las operaciones y detectar áreas de mejora.

Para estructurar y priorizar los hallazgos, se empleó una Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales (MAIA), la cual permitió identificar las entradas y salidas de los procesos, sus requisitos legales y los puntos críticos de impacto ambiental.

Resultados y Discusión

La Figura 1 destaca los puntos críticos de mayor impacto, como la generación de residuos contaminantes provenientes de actividades de

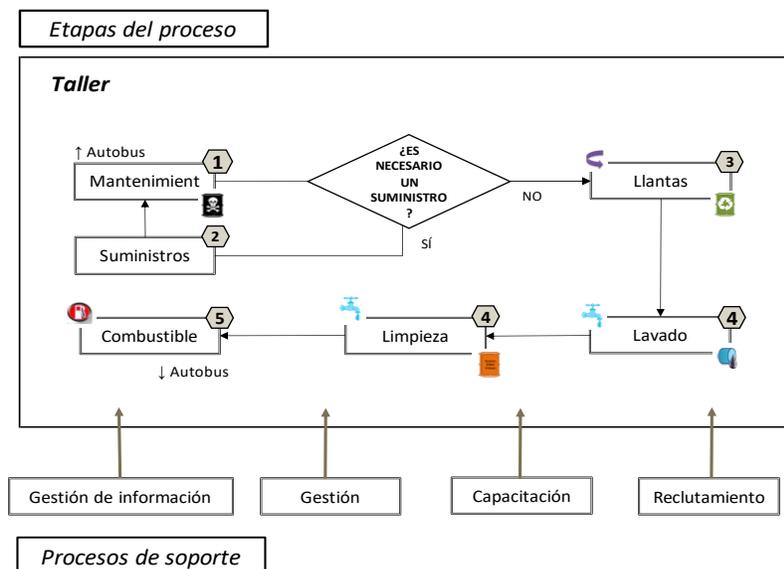


Figura 1. Diagrama de entradas y salidas. *Fuente: Elaboración propia*

mantenimiento, el mal manejo de materiales contaminados y las descargas de agua residual con altos niveles de grasas y aceites. Este diagrama sirvió como base para priorizar las áreas de intervención y estructurar estrategias específicas dentro del análisis de la MAIA.

El análisis reveló que los impactos ambientales más críticos provienen de: *Descarga de aguas residuales* ya que el área de mantenimiento presentó altos niveles de grasas y aceites en sus descargas, superando los límites establecidos por la NOM-002-ECOL-1996.

Manejo inadecuado de residuos donde se identificaron RP como aceites usados, fluidos de motor y materiales contaminados, así como RME, incluyendo neumáticos, tarimas y cristales rotos. Este hallazgo coincide con lo reportado por López-Luna & Martínez-Herrera (2020), quienes destacaron que el manejo ineficiente de residuos peligrosos incrementa significativamente los riesgos de contaminación del suelo y agua, además de generar costos adicionales por incumplimientos regulatorios. Y *Suelos contaminados* ya que se

detectaron áreas con suelo desnudo contaminado por aceites debido al almacenamiento inadecuado en el área de mantenimiento. Según investigaciones de Martínez *et al.* (2019), la contaminación del suelo por hidrocarburos no solo degrada su calidad, sino que también dificulta procesos de remediación cuando no se aplican técnicas adecuadas desde las etapas iniciales de contaminación.

Como respuesta, se implementaron acciones correctivas, incluyendo un curso de concientización ambiental enfocado en la correcta separación y manejo de residuos. Este curso involucró al personal de todas las áreas, fomentando su participación activa en la mejora de los procesos operativos.

Se recomienda un plan de manejo integral de residuos que contemple la cuantificación de los RSU, RP y RME, el establecimiento de sitios de almacenamiento temporal conforme a la NOM-055-SEMARNAT-2003, y la implementación de técnicas de remediación de

suelos basadas en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200099>

Conclusiones

Este diagnóstico subraya la importancia de contar con un plan integral de manejo de residuos que aborde desde su generación hasta su disposición final, garantizando el cumplimiento de la normatividad vigente y minimizando los impactos ambientales asociados. La incorporación de una cultura ambiental organizacional y la capacitación continua del personal son pasos clave para promover prácticas sostenibles en el sector del autotransporte. Dado que el mercado valora cada vez más la responsabilidad ambiental, la implementación de estas medidas no solo contribuirá a la sostenibilidad, sino que también fortalecerá la competitividad de la empresa frente a otras organizaciones que ya cuentan con certificaciones en este ámbito.

Referencias

Carro-Suárez, J., Sarmiento-Paredes, S., & Rosano-Ortega, G. (2017). La cultura organizacional y su influencia en la sustentabilidad empresarial. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 352-365.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT). (2016). El autotransporte federal, un motor para la economía nacional. Disponible en: SCT

García-Samper, M., Manotas, E. N., Ramírez, J., & Hernández-Burgos, R. (2022). Cultura organizacional verde: análisis desde las dimensiones de sostenibilidad corporativa. *Información Tecnológica*, 33(2), 99-106.

Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2023). Síntesis de propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades. Disponible en: IMT

López-Luna, A., & Martínez-Herrera, F. (2020). Gestión de residuos peligrosos: desafíos en la industria mexicana. *Revista de Sustentabilidad Industrial*, 12(1), 15-30.

Martínez, C., Rodríguez, M., & Hernández, L. (2019). Técnicas de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos: Un enfoque desde la normatividad mexicana. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 25(3), 27-40.

Proceso de coagulación-floculación de aguas industriales a partir de sales inorgánicas

Garza-Valverde Elizabeth^a,
León-Félix Ángel Renato^a,
Cruz-Martínez Carolina^a y
García-Gómez Celestino^a✉

^a Facultad de Agronomía, UANL. General
Escobedo, Nuevo León, México.
✉ celestino.garciagm@uanl.edu.mx

Palabras clave: Coagulación, reúso de agua, sustentabilidad.

Introducción

La coagulación de descargas de aguas tratadas es un proceso esencial en la reducción de contaminantes y la mejora de la calidad del agua antes de su reúso o liberación al medio ambiente. Este proceso implica la adición de coagulantes que agrupan las partículas en suspensión y facilitan su remoción (Aragaw *et al.*, 2023). La efectividad de la coagulación puede verse influenciada por diversos factores, incluyendo el pH y la concentración de sólidos en suspensión (Alazaiza *et al.*, 2022). Estos factores afectan la carga y la química de las partículas, así como la solubilidad de los coagulantes, lo que a su vez impacta la eficiencia del proceso. Estas innovaciones no solo mejoran la eficiencia en la eliminación de contaminantes, sino que también promueven la reutilización de aguas tratadas en diversas aplicaciones, desde la agricultura hasta la industria. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar un proceso de

coagulación-floculación en aguas industriales con sales inorgánicas.

Metodología

Agua tratada de un sistema de lodos activados fue recolectada de una empresa de la industria automotriz. Un estudio preliminar con diversas sales inorgánicas fue evaluado en un proceso de coagulación para determinar el efecto de la eliminación de turbidez en función de la concentración de sales. Las sales utilizadas fueron: Sulfato de hierro, Cloruro de aluminio, Sulfato de aluminio, Cloruro de zinc y Sulfato de Zinc, todo grado reactivo sin purificación previa. Pruebas de sedimentación fueron realizadas a los 5, 15 y 30 min en función del pH. Posteriormente, un diseño de optimización compuesto central centrado en las caras fue implementado para evaluar el efecto de variables independientes como A: pH, B: Dosis coagulante y C: Tiempo sedimentación. La variable respuesta fue la turbiedad (NTU). Con el software Design Expert (Versión 12) se investigaron los efectos y la predicción de las condiciones óptimas, resultando 20 corridas.

Resultados y discusión

Las Figuras 1a y 1b muestran el efecto del tipo de coagulante y el tiempo de sedimentación utilizado, donde se observan los valores más altos del rendimiento de disminución de turbidez con sulfato de zinc, mientras que para el tiempo de sedimentación utilizado los resultados fueron muy parecidos entre ellos. En la Figura 2 es mostrado el gráfico de contorno obtenido en la optimización numérica de variables. En este gráfico se muestra que a valores altos de pH se encuentra la zona de mayor rendimiento sin un efecto

significativo con la variación de la dosis de coagulante.

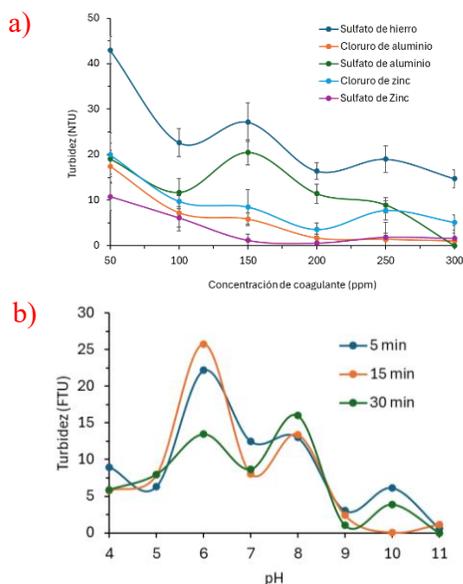


Figura 1. a) sales inorgánicas coagulantes y b) efecto de sedimentación

Los valores optimizados de las variables independientes fueron de pH de 9.8, dosis de coagulante de 113 ppm y tiempo de sedimentación de 17 min, con los cuales se puede alcanzar 99% de rendimiento de eliminación de turbiedad.

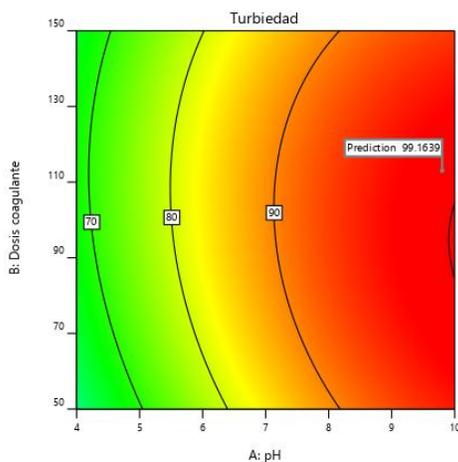


Figura 2. Gráfico de contorno de la optimización

Conclusiones

La coagulación por sales inorgánicas tiene la capacidad de reducir al máximo la turbiedad de aguas tratadas. Dado el creciente uso en la industria, es necesario optimizar las etapas tecnológicas para reducir los costos a gran escala. Con este objetivo, se empleó el método de superficie de respuesta para optimizar una reducción en la turbiedad de aguas previo a sus descargas a medios acuáticos. Las condiciones óptimas encontradas para aumentar el rendimiento óptimo permitió alcanzar un 99% de eliminación de turbiedad. En conclusión, la coagulación inorgánica representa una estrategia sustentable para el pulimiento final de aguas tratadas y su posible reúso.

Referencias

- Aragaw, T.A., Bogale, F.M. (2023). Role of coagulation/flocculation as a pretreatment option to reduce colloidal/bio-colloidal fouling in tertiary filtration of textile wastewater: A review and future outlooks. *Frontiers in Environmental Science*. 11, 1142227. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1142227>
- Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Ali, G. A. M., Bashir, M. J. K., Nassani, D. E., Al Maskari, T. (2022). Application of natural coagulants for pharmaceutical removal from water and wastewater: A review. *Water*. 14, 1–16. <https://doi.org/10.3390/w14020140>

Análisis hidrodinámico a nivel macro y micro mezclado de un reactor UASB mediante CFD

Gracia-Campas René Francisco^a,
Plascencia-Jatomea Rigoberto^a,
Meza-Escalante Edna Rosalba^a,
Álvarez-Valencia Luis Humberto^b y
Serrano-Palacios Denisse^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias.

✉ denisse.serrano@itson.edu.mx

Palabras clave: Hidrodinámica, UASB, DTR, CFD, OpenFOAM

Introducción

Los reactores y biorreactores son sistemas que representan el corazón de todo proceso, en los cuales se lleva a cabo una reacción química/bioquímica; tal es el caso de los reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), un tipo de tecnología anaerobia que se ha explorado desde hace más de 50 años (Metcalf & Eddy, 1995). A lo largo de este periodo se han implementado innumerables diseños para este tipo de tecnología, siendo los de forma cilíndrica y cuadrada los más utilizados (Fernández-Polanco & Seghezzo 2015). Es común que, en los procesos a escala, los reactores se presuman con un patrón de flujo ideal, lo anterior facilita la comprensión de los mismos, sin embargo, esta asunción dista del verdadero comportamiento del

sistema. Dentro del diseño, se busca maximizar la eficiencia de los equipos considerando parámetros de operación (escala) tal como una geometría que conceda un comportamiento hidrodinámico lo más aproximado a una conducta ideal (Levenspiel, 2002). El diagnóstico hidrodinámico de un sistema se puede analizar a nivel micro y macro-mezclado, por medio de técnicas de distribución de tiempos de residencia (DTR) en la que el sistema se perturba con el apoyo de una sustancia trazadora creando una señal de estímulo-respuesta. Esta técnica se puede complementar con dinámica computacional de fluidos (CFD) para obtener un perfil más completo de las características hidrodinámicas del sistema (Levenspiel, 2002). El objetivo de este trabajo es describir el perfil hidrodinámico de un reactor UASB a nivel macro y micro-mezclado mediante simulación CFD, para el diseño de biorreactores.

Metodología

Se llevaron a cabo una serie de experimentos de distribución de tiempos de residencia (DTR) en un reactor UASB a escala de laboratorio. Se inyectaron 2 mL de una solución trazadora de NaCl (320 g l⁻¹) grado reactivo, mediante un pulso en la entrada del reactor. Se replicó bajo cinco velocidades ascensionales diferentes: 0.1, 0.5, 1, 1.5 y 2 m h⁻¹. Los datos se procesaron para obtener las curvas de DTR usando el método descrito por (Levenspiel, 2002). Las simulaciones de micro-mezclado se realizaron utilizando el software OpenFOAM versión 12, donde se construyó un modelo CFD del reactor para cada una de las velocidades de flujo. Además, se utilizó el modelo MCM (Mixed Cells Model) como macro-mezclado para una visión global del comportamiento del sistema.

Ambos modelos se validaron con el cálculo de la raíz del error medio cuadrático (RMSE).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra una comparación de las curvas experimentales de DTR a diferentes velocidades, y las curvas construidas con el modelo MCM y CFD. Las DTR obtenidas en las velocidades evaluadas presentan un perfil de flujo característico de un Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) con un retraso en la señal de salida (Figura 1). Este comportamiento puede interpretarse como una mezcla entre un o tipo Plug Flow Reactor (PFR) y un CSTR, sin embargo, también puede ser explicado mediante la condición de tener dos CSTR en paralelo con flujos y volúmenes diferentes (MCM). Dado este comportamiento, se propuso el modelo MCM y se complementó con CFD. En la tabla 1 se muestran los parámetros obtenidos del mejor ajuste de cada modelo.

Tabla 1. Parámetros obtenidos para experimentos y modelos

Q (ml min ⁻¹)	V (ml)	α	β	T _m (min)	Error T _m -MCM	Error T _m -FOAM
8		0.85	0.51	193.3	0.03	0.066
42		0.85	0.51	38.58	0.03	0.077
83	820	0.85	0.51	18.71	0.02	0.058
125		0.85	0.6	11.61	0.02	0.074
167		0.85	0.55	8.98	0.04	0.082

Para el modelo MCM, el factor α se mantuvo constante, lo que indica que el comportamiento laminar se mantiene en los flujos evaluados, concordando con lo descrito por Plascencia *et al.* (2015) donde se utilizó el modelo MCM con un valor de α de 0.852, siendo el modelo de mejor ajuste para sus datos. Del mismo modo, se definió una función de pulso de entrada para cada flujo

cuyos parámetros, considerados ideales, se mantuvieron constantes.

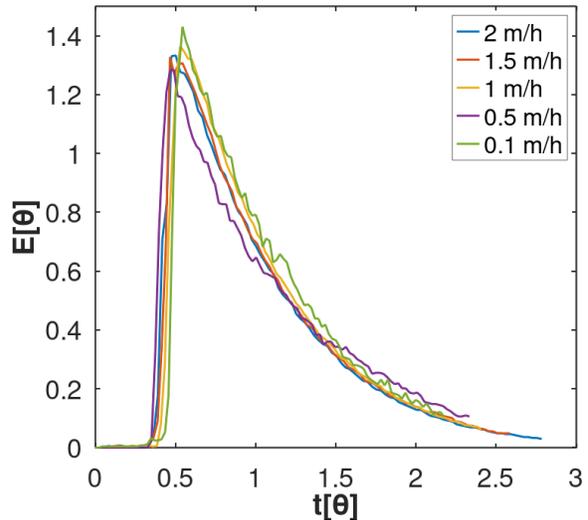


Figura 1. Curvas de DTR experimentales a diferentes velocidades ascensionales

Por otro lado, Blanco *et al.* (2019) utilizaron OpenFOAM para describir las DTR de un reactor UASB con una propela en una zona para mejorar el mezclado en el interior del sistema; a pesar de ello, el perfil de velocidades en la zona previa al mezclado es muy similar al obtenido en este estudio, considerando que se utilizó el mismo modelo al resolver las ecuaciones de Navier-Stokes para flujo laminar.

Conclusiones

El análisis hidrodinámico del reactor UASB utilizando tanto el modelo de celdas mezcladas (MCM) como la dinámica de fluidos computacional (CFD) permitió obtener una caracterización detallada del comportamiento de flujo en diferentes velocidades ascensionales. Los resultados mostraron que el comportamiento del sistema puede ser interpretado como una combinación entre flujo de reactor de tanque agitado continuo (CSTR)

y flujo pistón (PFR), esto facilita obtener un modelo de reacción química cuando se evalúe el sistema.

Referencias

Blanco, R., Lara, J., Barajas, G., Tejero, I., & Diez, R. (2019). CFD simulation of a novel anaerobic-anoxic reactor for biological nutrient removal: Model construction, validation and hydrodynamic analysis based on OpenFOAM. *Chemical Engineering Science*.

Fernández-Polanco, F., & Seghezzo, L. (2015). Diseño de reactores upflow anaerobic sludge blanket (UASB). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Levenspiel, O. (2002). Ingeniería de las reacciones químicas. Reverté.

Metcalf, & Eddy. (1995). INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. McGraw-Hill.

Plascencia, R., Almazán, F., Gómez, J., Rivero, E., Monroy, O., & González, I. (2015). Hydrodynamic study of a novel membrane aerated biofilm reactor. *Chemical Engineering Science*, 324-332.

Marcadores genéticos asociados a crecimiento en vacas de raza Brangus criadas en el sur de Sonora

Quiñones-Chayrez Kathya Michelle^{a✉},
Luna-Nevárez Guillermo^a,
†Riley David Greg^b,
Reyna-Granados Javier Rolando^a y
Luna-Nevárez Pablo^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

^bTexas A&M University, Department of
Animal Sciences, TX 77843, USA.

✉kathya.quinones119897@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Adaptabilidad, ADN, bovinos para carne, polimorfismos

Introducción

Actualmente en Sonora, vacas de razas híbridas como la Brangus, han mostrado buena capacidad de adaptación a condiciones semi-desérticas debido a su eficiente adaptabilidad a condiciones climáticas de calor intenso (Angulo-Valenzuela *et al.*, 2021). Dicha habilidad parece tener una base genética, lo cual sugiere la existencia de genes que regulan la capacidad de adaptación del ganado. El avance en las tecnologías moleculares ha facilitado el estudio e identificación de marcadores genéticos que influyen en fenotipos de interés, así como su posterior validación para programas de selección asistida (Takada *et al.*, 2018). La validación de marcadores en el ADN se propone como estrategia útil para mejorar el desempeño productivo en ganado criado en ambientes

semi-áridos (Luna *et al.*, 2012). El objetivo del presente estudio es identificar y validar marcadores genéticos asociados a caracteres de crecimiento en vacas de raza Brangus manejadas bajo condiciones ambientales cálidas y semidesérticas del sur de Sonora.

Metodología

La presente investigación se realizó en dos ranchos ganaderos localizados en el estado de Sonora, México. La población experimental incluyó 427 vacas primerizas de la raza Brangus. Se recolectaron registros de crecimiento de peso al nacimiento (BW), peso al destete (WW) y peso al año (YW). Se obtuvo una muestra de sangre por vaca para la extracción de ADN el cual fue enviado a un laboratorio comercial (Neogen, Nebraska USA) para su genotipificación, a través del método de discriminación de alelos usando PCR en tiempo real. Para la identificación de genes y marcadores genéticos se utilizó un chip de 131 polimorfismos asociados a fertilidad y crecimiento. Los genotipos resultantes se capturaron en formato de Excel y se enviaron al laboratorio de Biotecnología de la Reproducción para su estudio. El análisis estadístico incluyó la obtención de medidas descriptivas para las variables de estudio, el cálculo de frecuencias alélicas y genotípicas, el estudio asociativo entre genotipo y fenotipo, y finalmente se realizó un estudio de sustitución alélica, utilizando el término genotipo como covariable. Todas las pruebas estadísticas se procesaron en el software SAS (Statistical Analysis System v9.4).

Resultados y discusión

Las frecuencias alélicas y genotípicas por cada polimorfismo (SNP) que resultó significativo se

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos Frecuencias alélicas y genotípicas de los 4 SNPs relacionados con el carácter YW.

Gen	ID	Posición	Frecuencias alélicas		Frecuencias genotípicas		
			T	C	TT	CT	CC
IGF-1	rs523514345	Chr5_66605011	0.37	0.63	0.15	0.43	0.42
RND1	rs465988441	Chr5_30912029	0.18	0.82	0.04	0.29	0.67
ARSI	rs468262847	Chr7_61683533	0.08	0.92	0.01	0.14	0.85
			A	G	AA	AG	GG
ARSI	rs519354039	Chr7_61705260	0.72	0.28	0.54	0.37	0.09

Tabla 2. Medias de cuadrados mínimos \pm EE para la variable Peso al Año de acuerdo a los genotipos de los polimorfismos significativos ($P < 0.05$)

SNP	N	TT ^c	CT ^d	CC ^c	P-value
SNP 1	408	357.80 \pm 5.05 ^a	344.65 \pm 3.28 ^b	353.04 \pm 3.33 ^a	0.0137
SNP 95	414	327.32 \pm 9.26 ^b	350.22 \pm 3.87 ^a	351.71 \pm 2.75 ^a	0.0323
		AA ^c	AG ^d	GG ^c	
SNP 123	404	353.78 \pm 3.02 ^a	346.23 \pm 3.48 ^{ab}	345.02 \pm 6.25 ^a	0.0439

^c Genotipos Homocigotos ^d Genotipos Heterocigotos

^{a, b} Dentro de una fila, los medios sin un superíndice común difieren ($P < 0.05$)

muestran en la Tabla 1. El SNP rs468262847 se descartó por no cumplir con el criterio de Frecuencia del Alelo Menor superior al 10% ($FAM > 0.10$), mientras que los SNPs rs523514345, rs465988441 y rs519354039 continuaron con sus análisis debido a que sí cumplieron con el criterio antes mencionado. Los SNPs antes mencionados se encuentran dentro de los genes IGF1, RND1 y ARSI, respectivamente. Dichos SNPs se asociaron con la variable de peso al año (YW; $P < 0.05$), pero ninguno de ellos se asoció con BW o WW (Tabla 2). Los genotipos favorables fueron TT, CC y AA, respectivamente. Según Palma y Torres (2020) el uso de biotecnologías modernas en el ganado bovino tales, como aquellas basadas en marcadores genéticos, disminuye la presencia de problemas ambientales como la deforestación, erosión, pérdida de la biodiversidad, degradación de pasturas y alta emisión de gases de efecto invernadero relacionados con el cambio climático, por lo que recomiendan su utilización

para la optimización de recursos naturales.

Conclusiones

Se validaron 3 SNPs en los genes IGF1, RND1 y ARSI; dichos genes participan en funciones celulares relacionadas al crecimiento. Por lo tanto, se propone incluirlos como marcadores genéticos en programas de Selección Asistida por Marcadores (SAM) para mejorar el crecimiento del ganado. También se sugiere continuar con investigaciones similares para identificar otros genes relacionados con el peso en ganado manejado en climas con calor intenso.

Referencias

Angulo-Valenzuela, N.I., Thomas, M.G., Riley, D.G., Medrano, J.F., Reyna-Granados, J.R., Aguilar-Trejo, C.M., Luna-Nevárez, P., (2021) A SNP within the PMCH gene as a molecular marker associated with fertility traits in Angus and Brangus beef heifers raised under a desert environment, *Trop. Anim. Health*

Prod., 53(3), 355. doi: 10.1007/s11250-021-02794-0.

Luna-Nevarez, P., Rincon, G., Medrano, J.F., Riley, D.G., Chase Jr., C.C., Coleman, S.W., DeAtley, K.L., Islas-Trejo, A., Silver, G.A., Thomas, M.G., (2012) Identification of one polymorphism from the gene PAPP-A2 associated to fertility in Romosinuano beef heifers raised under a subtropical environment, *Rev. Mex. Cienc. Pecu.*, 3(2), 185-200.

Palma, JM. & Torres, JA. (2020) Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima. México. Pág. 9.

Takada, L., Barbero, M.M.D., Oliveira, H.N., de Camargo, G.M.F., Fernandes Júnior, G.A., Aspilcueta-Borquis, R.R., Souza, F.R.P., Boligon, A.A., et al., (2018) Genomic association for sexual precocity in beef heifers using pre-selection of genes and haplotype reconstruction, *PLoS One*, 13(1), e0190197. doi: 10.1371/journal.pone.0190197.

Identificación y caracterización de bacterias procedente de nódulos de *Inga vera*

Ynurreta-Ferrer Gustavo^a,
Sánchez-Rivas Ana Lucía^a,
Elizalde-Rivera Víctor Alejandro^a,
Onofre-Gallegos María Guadalupe^a,
Sánchez-Gutiérrez Facundo^b y
Cuellar-Sánchez Alma^a✉

^aInstituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Puebla, 72453 Puebla, Pue., México

^bUniversidad Autónoma de Chiapas, Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, 29960 Catazajá, Chiapas, México.
✉alma.cuellar@tec.mx

Palabras clave: *Inga vera*, rizobias, 16S-DNA, secuenciación

Introducción

El uso de fertilizantes químicos ha incrementado el rendimiento y la producción de cultivos; sin embargo, su aplicación excesiva ha contribuido al aumento del efecto invernadero, la degradación de suelos, la contaminación de aguas y la reducción de la biodiversidad. Por esta razón, es fundamental buscar alternativas sostenibles que disminuyan la dependencia de estos insumos químicos. Una de las alternativas es el uso de rizobios, simbiontes de plantas leguminosas, que poseen alta eficiencia en la fijación biológica de nitrógeno. En este contexto, se ha investigado la fijación de nitrógeno en árboles leguminosos como *Inga vera*, que son reconocidos por sus interacciones simbióticas

con rizobios y que han demostrado aumentos significativos en la disponibilidad de nitrógeno (Hnini & Aurag, 2024). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue la identificación y caracterización de bacterias en los nódulos de *I. Vera*.

Metodología

Se realizó el aislamiento de bacterias en medio YMA a partir de nódulos de *I. Vera* obtenidos en Catazajá, Chiapas. La extracción de ADN genómico se llevó a cabo según el manual técnico del kit Wizard® Genomic DNA Purification Kit de Promega®. Para identificar los aislados, se amplificó el gen 16S rDNA utilizando los primers 63F (5'-CAG GCC TAA CAC ATG CAA GTC-3') y 1389R (5'-AC GGC GGT GTG TAC AAG-3'). Los amplicones se purificaron siguiendo el protocolo del Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System de Promega y se secuenciaron en la Unidad de Síntesis y Secuenciación del IBT. Para la caracterización de las cepas, se utilizó la técnica de PCR de regiones repetidas palindrómicas (REP-PCR) en el genoma bacteriano, amplificando fragmentos delimitados por secuencias invertidas con los primers Rep1 (5'-III ICG ICG ICA TCI GGC-3') y Rep 2 (5'-ICG ICT TTA TCI GGC TAC-3'), según el protocolo de Versalovic *et al.* (1994). El análisis de las secuencias obtenidas se realizó comparando con las de la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI), y se construyó un árbol filogenético utilizando el software Mega 4.

Resultados y discusión

El análisis filogenético reveló la presencia de cuatro géneros microbianos en los nódulos de *I. Vera*: *Burkholderia*, *Paraburkholderia*,

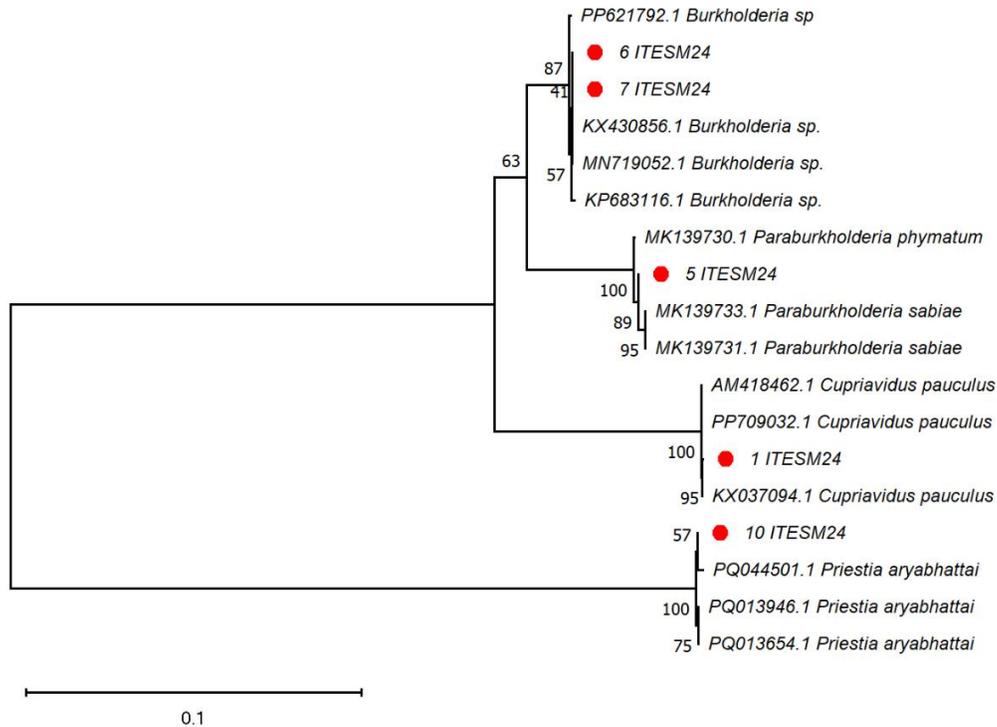


Figura 1. Árbol filogenético del gen 16S rDNA de las bacterias aisladas de nódulos de Inga vera. Los aislados de las plantas están destacados en viñetas de color rojo. Los valores de “bootstrap” se indican en los nodos del árbol

Cupriavidus y *Priestia* (Figura 1). *Cupriavidus* ha sido reportado como fijador de nitrógeno en leguminosas, mientras que *Burkholderia*, *Paraburkholderia* y *Priestia* pueden asociarse con otras bacterias fijadoras de nitrógeno (Heo *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2020). Esto mejora la disponibilidad de nitrógeno para las plantas, disminuyendo así la necesidad de utilizar fertilizantes químicos. Por otro lado, Velasco *et al.* (2023) identificaron a *Bradyrhizobium* como el simbionte predominante en Inga. Además, *Cupriavidus necator* ha mostrado producción de ácido indolacético y sideróforos en plantas de maíz (Pereira *et al.*, 2020). Algunos géneros de *Burkholderia* spp. también están relacionados con la producción de fitohormonas que favorecen el crecimiento vegetal y la solubilización de fosfatos (Heo *et al.*, 2022).

Conclusiones

Se identificaron y caracterizaron cuatro géneros bacterianos: *Cupriavidus*, *Burkholderia*, *Paraburkholderia* y *Priestia*. Entre ellos, *Cupriavidus* ha sido reportado como un fijador de nitrógeno, mientras que *Burkholderia*, *Paraburkholderia* y *Priestia* son bacterias endófitas en nódulos que se relacionan principalmente con la promoción del crecimiento vegetal. Estos géneros presentan un gran potencial para ser utilizados como biofertilizantes en cultivos de interés agronómico. Este trabajo propone una alternativa basada en microorganismos benéficos y endémicos de Chiapas; sin embargo, se requieren más estudios para evaluar su eficacia en la fijación de nitrógeno.

Referencias

- Heo A.Y., Koo Y.M., Choi H.W. (2022) Biological control activity of plant growth promoting rhizobacteria *Burkholderia contaminans* AY001 against tomato Fusarium wilt and bacterial speck diseases. *Biology (Basel)*. 18:619.
- Hnini, M., & Aurag, J. (2024). Prevalence, diversity and applications potential of nodules endophytic bacteria: a systematic review. *Frontiers in Microbiology*. 15: 1386742.
- Pereira S.I.A., Abreu D., Moreira H., Vega A., Castro P.M.L. (2002) Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and nutrient use efficiency in maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Heliyon*. 6: 05106.
- Velasco-Trejo, J. A., Alarcón-Gutiérrez, E., García-Pérez, J. A., del Rosario Pineda-López, M., Flores-Estévez, N. (2023). Factors affecting the nitrogen fixation in the *Inga* spp.-Rhizobia system in shade coffee plantations. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26: 1-30.
- Versalovic J., Schneider M., de Bruijin F.J. y Lupski J.R. (1994). Genomic fingerprinting of bacteria using repetitive sequencebased polymerase chain reaction. *Methods in Molecular Biology* 5: 25-40.

Genes de resistencia a antibióticos y estructura de fagos en cepas benéficas para la agricultura

Olea-Félix Marie Jennifer^a,
Rubio-Frías David^a y
De los Santos-Villalobos Sergio^a✉

^a Instituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉ sergio.delossantos@itson.edu.mx

Palabras clave: Bacteriófagos, Resistencia bacteriana, Bacterias benéficas, Agricultura

Introducción

El uso de antimicrobianos en la agricultura ha sido clave para controlar patógenos en plantas, pero su uso excesivo ha favorecido la aparición de bacterias resistentes, lo que representa un desafío tanto para la agricultura como para la salud pública. Una alternativa es el uso de fagos, virus que infectan bacterias patógenas sin afectar microorganismos benéficos del suelo. Sin embargo, su efectividad puede verse influida por factores abióticos como el pH y la disponibilidad de agua. Métodos como el sulfato de cobre han resultado dañinos para el microbioma, mientras que los fagos podrían ser una solución más ecológica, aunque su impacto en bacterias beneficiosas requiere más estudio (Enebe & Erasmus, 2024; Koskella & Taylor, 2018).

Metodología

Las cepas bacterianas en estudio (TE3^T, TRQ8

y TRQ65) fueron aisladas utilizando agar nutritivo como medio de cultivo a 28 °C, a partir de la rizósfera del cultivo de trigo variedad CIRNO2008, cultivado en parcelas comerciales ubicadas en el Valle del Yaqui, Sonora, México (27°35'53.14" N y 110°2'53.26" W). La afiliación taxonómica de las cepas mediante el estudio del genoma mostró que la cepa TRQ65 se afilió a *Bacillus paralicheniformis*, TE3^T a *B. cabrialesii* subsp. *cabrialesii* y TRQ8 a *Priestia megaterium* (Robles-Montoya *et al.*, 2020). Posteriormente, los genomas de cada bacteria se procesaron en ResFinder (<http://genepi.food.dtu.dk/resfinder>) para la detección de genes de resistencia a antibióticos y PHASTEST (<https://phastest.ca/submissions/new>) para la identificación de secuencias de profagos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a partir de la plataforma ResFinder, presentados en la Tabla 1, revelaron la presencia de genes de resistencia a antibióticos en las cepas analizadas. En la cepa TE3^T se identificaron dos genes de resistencia, *aadK* y *mph(K)*, mientras que en TRQ65 se detectó un único gen, *erm(D)*. Por otro lado, en la cepa TRQ8 no se identificó ningún gen de resistencia.

Tabla 1. Genes de resistencia a antibióticos en los genomas de las cepas en estudio

Cepas bacterianas	Gen de resistencia	Fenotipo
TE3 ^T	<i>aadK</i>	Estreptomina
	<i>mph(K)</i>	Espiramicina, Telitromicina
TRQ8	No detectado	No detectado
TRQ65	<i>erm(D)</i>	Lincomicina, clindamicina, eritromicina, quinupristina, pristinamicina IA y virginamicina S1

Tabla 2. Genes presentes en los fagos identificados en TE3^T y TRQ65.

	Proteína tipo fago	Proteína hipotética	Proteína de la cabeza	Proteína portial	Proteína de la cola	Proteína de la placa	Proteína de fibra	Proteína de replicación	Proteína de regulación	Transposasa	Holína	Integrasa	Endonucleasa	Terminasa	Proteasa	Represor	Exonucleasa	Antirepresor
1.PHAGE_Bacill_vB_BtS_BMBtp14_NC_048640	Presente	Presente	Presente	Presente			Presente											
2.PHAGE_Clostr_phiCT94_41A_NC_029022	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente				Presente									
3.PHAGE_Bacill_phi105_NC_048631	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente		Presente	Presente			Presente	Presente	Presente	Presente	Presente			
4.PHAGE_Brevib_Jimmer_2_NC_041976	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente		Presente				Presente			Presente		Presente		
5.PHAGE_Bacill_SPbeta_NC_001884	Presente	Presente	Presente	Presente		Presente					Presente	Presente					Presente	Presente

Notas. Se identificaron los fagos 1 y 2 en la bacteria TE3^T, los fagos 3, 4 y 5 en la bacteria TRQ65, mientras que en la bacteria TRQ8 no se detectó la presencia de fagos

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Berić *et al.* (2018), quienes aislaron 33 cepas de *Bacillus sp.* y encontraron una amplia distribución del gen *erm*, observando que la mayoría de los aislados presentaron resistencia a la clindamicina. Por otro lado, la plataforma PHASTEST identificó la presencia de fagos en las bacterias TE3^T y TRQ65, mientras que no se detectaron fagos en TRQ8. La detección de genes como integrasa y represor (Tabla 2), en los fagos 3, 4 y 5 sugiere que son fagos templados, ya que estos genes están asociados con la capacidad de alternar entre el ciclo lisogénico y lítico (Broussard *et al.*, 2013).

En contraste, la ausencia de estos genes en los fagos 1 y 2 (Tabla 2), indica que probablemente se trate de fagos líticos. Además, los fagos 1, 3 y 5 tienen como hospedador a bacterias del género *Bacillus*, mientras que el hospedador del fago 2 es *Clostridium tetani*. Por su parte, el fago 4 infecta a bacterias del género *Brevibacillus*.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran la presencia de genes de resistencia a antibióticos y fagos en las cepas bacterianas. TE3^T y TRQ65 presentaron resistencia, mientras que

TRQ8 no. La presencia de genes como integrasa y represor en TRQ65 sugiere fagos templados, capaces de alternar entre ciclos lítico y lisogénico, mientras que en TE3^T la ausencia de estos genes indica un ciclo lítico. No obstante, se requieren estudios adicionales para profundizar en la ecología microbiana de estos fagos y su rol en el establecimiento de estos organismos beneficiosos en los ecosistemas.

Referencias

- Berić, T., Biočanin, M., Stanković, S., Dimkić, I., Janakiev, T., Fira, D., & Lozo, J. (2018). Identification and antibiotic resistance of *Bacillus spp.* isolates from natural samples. *Archives of Biological Sciences*, 70(3), 581–588. <https://doi.org/10.2298/ABS180302019B>
- Broussard, G. W., Oldfield, L. M., Villanueva, V. M., Lunt, B. L., Shine, E. E., & Hatfull, G. F. (2013). Article Integration-Dependent Bacteriophage Immunity Provides Insights into the Evolution of Genetic Switches. *Molecular Cell*, 49, 237–248.

<https://doi.org/10.1016/j.molcel.2012.11.012>

Enebe, M. C., & Erasmus, M. (2024). Disease suppression in plants: A perspective on the impact of phage-directed soil fertilization in enhancing soil health and sustainability. *Biological Control*, 188, 105429.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105429>

Koskella, B., & Taylor, T. B. (2018). Multifaceted impacts of bacteriophages in the plant microbiome. *Annual Review of Phytopathology*, 56.

<https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045858>

Robles Montoya, R. I., Chaparro Encinas, L. A., Parra Cota, F. I., & De los Santos Villalobos, S. (2020). Mejorando rasgos biométricos de plántulas de trigo con la inoculación de un consorcio nativo de *Bacillus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 229–235.

<https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V11I1.2162>

Las celdas de combustible microbianas como alternativa a la degradación de contaminantes emergentes

Martínez-Castañeda Andrea Lizeth^a,
Ávila-Vázquez Verónica^{a✉},
Aguilera-Flores Miguel Mauricio^a y
Espinosa-Lumbreras J. Roberto^b,

^aInstituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, 98160 Zacatecas, Zac., México.

^bUniversidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Mecánica, 98000, Zacatecas, Zac., México.
✉vavila@ipn.mx

Palabras clave: Aguas residuales, contaminantes emergentes, Celdas de Combustibles Microbianas (CCM)

Introducción

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) generalmente utilizan una variedad de procesos físicos, biológicos y químicos destinados a eliminar diversos contaminantes. Sin embargo, estos métodos tradicionales no son capaces de eliminar la mayoría de los contaminantes emergentes (CE) (Arun *et al.*, 2024). Entre los CE más preocupantes se encuentran los productos de cuidado personal (PCP), (Xiang *et al.*, 2021). El riesgo ambiental que representan estos contaminantes se evalúa a la luz de los criterios de persistencia, bioacumulación y toxicidad. (Ebele *et al.*, 2017). Por esta razón se han buscado otras alternativas tales como las

celdas de combustible microbianas (CCM) las cuales ofrecen una solución prometedora para el tratamiento de aguas residuales con ventajas adicionales como la generación de energía (Arun *et al.*, 2024). En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares de la evaluación de dos CCM donde el objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes emergentes derivados de productos de cuidado personal. Además, se busca cuantificar la generación de energía eléctrica durante el tratamiento, determinando la densidad de potencia y corriente producidas.

Metodología

CCM empleadas: se utilizaron dos CCM de una cámara, con un volumen de 300 mL, alimentadas con agua sintética que contenía parabenos provenientes de un producto de cuidado personal. Una de las CCM empleó un solo ánodo mientras que la segunda utilizó tres ánodos de carbón felt conectados en paralelo. Ambas CCM incluyeron un cátodo de tela de platino (Pt) (0.5 mg Pt, 60% carbón) y una malla de acero inoxidable como colector de corriente. Se utilizó un potencióstato VersaStat3 para la caracterización electroquímica, midiendo el voltaje a circuito abierto para evaluar el ciclo de degradación. Se analizaron la curva de polarización, la curva de potencia y la estabilidad de las celdas mediante voltamperometría lineal (desde el voltaje a circuito abierto hasta 50 mV), espectroscopia de impedancia electroquímica (de 100,000 a 0.1 Hz a 10V), y cronoamperometría (al voltaje de máxima potencia y corriente de la curva de polarización). Para la caracterización fisicoquímica, se determinó la DQO con un reactivo específico (HI-93754C-25) añadiendo 2 mL de muestra, digiriendo la mezcla a 150

°C durante 2 horas, y midiendo la DQO con un fotómetro tras enfriarse a temperatura ambiente. Además, se midieron los sólidos totales por diferencias de peso, y pH (UPIIZ-IPN, 2018).

Resultados y discusión

El presente estudio comparó el rendimiento de dos configuraciones de celdas de combustible microbianas (CCM): una celda con un solo ánodo y una celda con tres ánodos durante un ciclo de operación de 62 y 72 días, respectivamente. La celda con un solo ánodo mostró una densidad de potencia (DP) de 0.0110 mW/m², una densidad de corriente (Di) de 0.035 mA/m² y un potencial a circuito abierto de 897 mV. En contraste, la celda con tres ánodos alcanzó una DP de 2.35 mW/m², una Di de 5.25 mA/m² y un potencial de circuito abierto de 947 mV. Comparando estos resultados con estudios recientes, como He *et al.* 2017 que reportaron DP de 0.50 mW/m² y 1.15 mW/m² respectivamente, la celda con tres ánodos supera notablemente estas configuraciones. Específicamente, la DP de la celda con tres ánodos es 214 veces mayor que la de la celda con un solo ánodo, y la Di es 150 veces superior. Este incremento en la eficiencia puede atribuirse a la mayor superficie de electrodos y a una mejor transferencia de electrones. La evaluación de la estabilidad de generación de corriente en ambas celdas reveló que la celda con un solo ánodo generó una corriente constante de 0.315 μ A durante 660 segundos mientras que la celda con tres ánodos produjo 90 μ A durante 1800 segundos. La celda con tres ánodos mostró una eficiencia 285 veces superior en la generación de corriente, destacando su capacidad para mantener una producción más estable. En cuanto a la remoción de

contaminantes, la celda con un solo ánodo logró una reducción del 94% en DQO disminuyendo de 25,250 mg/L a 1,490 mg/L. Por otro lado, la celda con tres ánodos redujo la DQO de 23,230 mg/L a 2,323 mg/L, lo que representa una remoción del 90%. Aunque la celda de un solo ánodo mostró una mayor eficiencia en la remoción de DQO, la celda con tres ánodos también fue efectiva, con una reducción dentro del rango reportado por estudios como el de Pugazhendi *et al.* (2024). El pH final de ambas configuraciones se estabilizó cerca de la neutralidad, con lecturas de 7.00 en la celda de un ánodo y 7.03 en la de tres ánodos. Estos valores son adecuados para el funcionamiento óptimo de las bacterias involucradas en el proceso de digestión anaeróbica, lo que sugiere que ambas configuraciones mantuvieron un ambiente adecuado para la actividad microbiana durante todo el ciclo de operación.

Conclusiones

En conclusión, los resultados obtenidos demuestran que las celdas de combustible microbianas son una tecnología prometedora para la generación de bioenergía y el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica. Aunque la celda con tres ánodos mostró una eficiencia superior en la generación de bioenergía, la celda con un solo ánodo fue más eficaz en la remoción de DQO. Ambos sistemas mantuvieron un control adecuado del pH, lo que asegura un ambiente favorable para la actividad microbiana. Estos resultados subrayan la necesidad de seguir investigando en la optimización de las CCM.

Referencias

Arun, J., SundarRajan, P., Pavithra, K. G., Priyadharsini, P., Shyam, S., Goutham,

R., ... & Pugazhendhi, A. (2024). New insights into microbial electrolysis cells (MEC) and microbial fuel cells (MFC) for simultaneous wastewater treatment and green fuel (hydrogen) generation. *Fuel*, 355, 129530. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236123021440>

Xiang, Y., Wu, H., Li, L., Ren, M., Qie, H., & Lin, A. (2021). A review of distribution and risk of pharmaceuticals and personal care products in the aquatic environment in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 213, 112044. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765132100155X>

Ebele, A. J., Abdallah, M. A. E., & Harrad, S. (2017). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging contaminants*, 3(1), 1-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121005777>

He, L., Du, P., Chen, Y., Lu, H., Cheng, X., Chang, B., & Wang, Z. (2017). Advances in microbial fuel cells for wastewater treatment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 388-403. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311248>

Pugazhendi, A., Al-Mur, B. A., & Jeyakumar, R. B. (2024). Cosmetic industrial wastewater treatment and bioelectricity production in upflow microbial fuel cell (UMFC) using extremophilic bacterial consortium. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 105438. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876107024000968>

UPIIZ-IPN (2018) Manejo Integral del Agua II. Manual de Laboratorio.

Aislamiento de bacterias cromo-resistentes de muestras de suelo de las zonas industriales de Hermosillo, sonora, para aplicaciones de biorremediación

*Ramos-Capote Dainery^a,
López-Avilés Guadalupe^a,
Almendariz-Tapia Francisco Javier^a y
De la Vega-Olivas Jonathan^a✉*

*^aUniversidad de Sonora, Departamento de
Ingeniería Química y Metalurgia,
Hermosillo, Sonora
✉jonathan.delavega@unison.com*

Palabras clave: Biorremediación, cromo hexavalente, biorreducción.

Introducción

El desarrollo industrial que ha presenciado el estado de Sonora en las últimas décadas ha generado un aumento del contenido de metales pesados en el medio ambiente provocado, principalmente, por el gran número de procesos industriales que emplean como materias primas los metales, así como por las explotaciones mineras y sus industrias derivadas (Gobierno del estado, 2019). El cromo hexavalente, Cromo (VI), destaca entre estos contaminantes debido a su gran potencial de oxidación, alta solubilidad en agua, rápida permeabilidad a través de membranas biológicas y además de ser un agente carcinogénico y un contaminante de reporte obligatorio en la normativa oficial mexicana (NOM-147-semarnat/ssa1-2004). Por este motivo, el estudio de técnicas que permitan reducir la contaminación causada por el cromo

hexavalente constituye un tema de gran actualidad e importancia. Hoy en día, el tratamiento de medios contaminados con iones metálicos, como efluentes industriales, lodos, sedimentos y suelos, puede llevarse a cabo mediante distintas técnicas tales como precipitación, intercambio iónico, filtración por membrana o métodos electroquímicos. Sin embargo, estos tratamientos están restringidos por problemas técnicos y económicos, lo que genera la necesidad de desarrollar metodologías de remediación renovables, de alta efectividad y de bajo costo (Qian, 2017). La Biorremediación, es decir, la utilización de microorganismos para la eliminación o reducción de los iones metálicos se presenta como una de las mejores opciones para cumplir con estos requisitos (Lin, 2020). El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un bioproceso de reducción del Cromo (VI) a Cromo (III) para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con Cromo (VI); el Cromo (III) es menos biodisponible y mucho menos tóxico que el Cromo (VI) (Lin, 2020); para lograr este objetivo se utilizan bacterias aisladas de suelos de las zonas industriales de Hermosillo, Sonora.

Metodología

Se seleccionaron 4 zonas industriales de Hermosillo, ubicadas al Norte, Sur, Este y Oeste de la ciudad, y se recolectaron muestras de suelo, seleccionando puntos de desagüe. Las muestras fueron preparadas para la determinación del cromo total utilizando espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito. Se aislaron las bacterias de las muestras de suelo diluyendo 1 gramo de la muestra en 10 ml de agua destilada y después se sembraron 20µl en placas de Petri con agar

LB. Se dejaron crecer las colonias y después fueron reestriadas en medio de cultivo conteniendo 5 µg/l de Cromo (VI). Este proceso se repite aumentando la cantidad de Cromo (VI) hasta llegar al punto en que las bacterias ya no forman colonias. El proceso de reestriado se repite varias veces para asegurar la pureza del cultivo y eliminar cualquier contaminación por otras cepas bacterianas. Finalmente, se obtienen cultivos puros de bacterias cromo-resistentes con distintas características fenotípicas.

Resultados y discusión

Se encontró que existe presencia de Cromo (VI) en las muestras de suelo de las 4 zonas industriales (Tabla 1), aunque los valores están por debajo de las 510 ppm de referencia para suelos de uso industrial, es suficiente para considerar que las bacterias expuestas a estas concentraciones necesitan ser capaces de reducir el cromo extracelularmente para evitar su toxicidad.

Tabla 1. Concentraciones de Cromo (VI) en las muestras de suelo de las zonas industriales de Hermosillo, Sonora.

Muestra	Concentración de Cromo (VI), ppm	Coordenadas
1	88	29°11'17.8"N 111°00'28.2"W
2	133	28°59'41.9"N 110°54'04.6"W
3	121	29°04'37.2"N 111°04'07.2"W
4	89	28°59'31.5"N 110°54'37.3"W

Se aislaron 4 colonias, provenientes de sitios de muestreo diferentes, capaces de soportar hasta 220 mg/l de Cromo (VI), lo que hace evidente su capacidad para reducir el Cromo (VI) antes de que penetre las membranas celulares, lo que sugiere la reducción

extracelular. El siguiente paso de nuestro trabajo es la secuenciación de cada una de estas cepas para determinar las condiciones óptimas de cultivo y poder comprobar la capacidad de biorreducción, ya sea trabajando cada cepa en solitario o en consorcio.

Conclusiones

Aislamos 4 cepas bacterianas y el hecho de que hayan sido capaces de sobrevivir en altas concentraciones de Cromo (VI) nos indica que efectivamente son capaces de reducir el cromo extracelularmente y son candidatos ideales para el desarrollo de estrategias de biorremediación.

Referencias

- Gobierno del Estado de Sonora. (2019). Diagnóstico Sonora.
- Lin, W. H., Chen, S. C., Chien, C. C., Tsang, D., Lo, K. H., & Kao, C. M. (2020). Application of enhanced bioreduction for hexavalent chromium-polluted groundwater cleanup: Microcosm and microbial diversity studies. *Environmental Research*, 184, 109-296. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109296>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Secretaría de Salud. (2004). NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004: Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénio, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio. Diario Oficial de la Federación

Qian, J., Zhou, J., Wang, L., Wei, L., Li, Q., Wang, D., & Wang, Q. (2017). Direct Cr (VI) bio-reduction with organics as electron donor by anaerobic. *Chemical Engineering Journal*, 309, 330-338. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.10.077>.

Sandana Mala, J. G., Sujatha, D., & Chellan, R. (2015). Inducible chromate reductase exhibiting extracellular activity in *Bacillus methylotrophicus* for chromium bioremediation. *Microbiological Research*, 170, 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2014.06.001>.

Validación de un marcador genético asociado a la producción de leche en ganado bovino

Cota-Cota Elvia María^a,
Leyva-Corona José Clemente^a,
Thomas Milton Glen^b,
Luna-Nevárez Pablo^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

^bTexas A&M Agrilife Research, 78102
Beeville TX, USA.

✉pluna@itson.edu.mx

Palabras clave: economía, genes, ganadería, marcadores, sostenible.

Introducción

La ganadería es un sector crucial en la economía de México, la producción nacional de leche alcanzó un incremento del 9%, superando proyecciones previas del 3.2% anual (SADER, 2021, 2023). La producción de leche se encuentra entre las tres actividades principales del ámbito agropecuario, generando un valor nacional del 17.2% según el (SIAP, 2023). Los marcadores moleculares son un recurso biotecnológico que ha permitido analizar e identificar polimorfismos de nucleótido simple (SNP's) y estudiar la interacción de diferentes genes y su función en la regulación hormonal que afecta a la producción lechera (Zhou *et al.*, 2018). El objetivo del estudio fue validar un marcador molecular (MM) asociado a la producción lechera.

Metodología

El estudio se realizó en un establo lechero ubicado en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Se seleccionaron 50 vacas de la raza Holstein, con una condición corporal de 2.5 - 3.0 unidades. Se administró una ración mixta de alimento para cubrir los requerimientos nutricionales de acuerdo a su etapa fisiológica, para vacas lecheras con peso promedio de 650 kg. La producción de leche se determinó dos veces al día después de cada ordeño. Posteriormente, se realizó la extracción de 1 ml de sangre por vaca, que se depositó en tarjetas FTA-Cards™; éstas se enviaron al laboratorio Neogen / GeenSeek Inc., USA. Para el procedimiento de genotipificación se re-secuenciaron genes involucrados en la vía de señalización de la Prolactina (PRL, RPRL, GH, GHR, IGF-1, CASEINE, K-CN) utilizando tecnologías Sanger y RNA-seq. Se desarrolló un panel de 180 tag SNP's analizados mediante tecnología Sequenom. Después se realizaron análisis estadísticos asociativos, utilizando el software SAS para calcular promedios, frecuencias y se aplicaron métodos mixtos y de efectos generales, mientras que se exploraron los efectos alélicos y genéticos. Los efectos genéticos de dominancia y aditividad fueron estimados siguiendo los procesos descritos por Luna-Nevárez *et al.* (2009), confirmando así la influencia de ciertos polimorfismos en la producción lechera.

Resultados y discusión

El valor promedio para producción de leche fue 33.20 ± 7.01 . Gutiérrez *et al.* (2021) confirman que las técnicas de biología molecular han sido implementadas como una herramienta de selección en los programas de cría comercial

Tabla 1. Producción de leche de acuerdo a los genotipos del SNP del gen de la Prolactina

Genotipo	N	Producción de leche \pm EE
AA	16	40.66 \pm 2.82 ^a
AT	16	32.92 \pm 2.40 ^b
TT	18	25.94 \pm 3.79 ^c

^{abc}Literales diferentes indican diferencia estadística (P<0.05). Genotipos homocigotos (AA, TT). Genotipo heterocigoto (AT).

Tabla 2. Efectos de sustitución alélica y efectos fijos sobre la producción de leche de acuerdo al alelo favorable del SNP del gen de la Prolactina

Alelo Favorable	Efecto de Sustitución Alélica			Efectos fijos		
	Prob	Estimado	EE	Prob	Aditivo	Dominante
SNP (A)	0.0068	7.59	1.25	0.0102	7.36	0.38

de ganado lechero y las pruebas intensivas sobre la progenie para la producción y reproducción se han basado en los valores de mejoramiento genético los cuales han sido cruciales para el aumento de la productividad del ganado lechero. Por lo que, en concordancia con el autor se considera importante destacar que la identificación y conocimiento del gen de la PRL y otros genes relacionados en la vía de señalización contribuyen a determinar las asociaciones de los SNPs y su influencia, sugiriendo opciones para selección de marcadores moleculares para aplicar programas de selección genética asistida.

Conclusiones

Los cambios en la producción de leche se asocian a los genotipos del SNP de la Prolactina. El alelo favorable es el A el cual al estar presente en el genotipo mejora 7.5 litros la producción de leche. El incremento en la cantidad de leche producida representa un mejor aporte económico para las familias, ya que, en las zonas rurales, la ganadería lechera es la única fuente de ingreso económico; además, fomenta el desarrollo de la ganadería sostenible. Por lo tanto, es aconsejable la selección de este grupo de animales con el genotipo favorable como candidatos a reproducción

animal para preservar su descendencia y poder incluirlos en programas de mejora genética basados en el uso de marcadores genéticos.

Referencias

- Gutiérrez. R, Aponte. PM, García. M. (2021). Análisis genómico, progreso y perspectivas futuras en la selección de ganado lechero: una revisión. *Animales (Basilea)*. Doi: 103390/ANI11030599.
- Luna-Nevarez, P.; Rincon, G.; Riley, D. G.; Chase, C. C. Jr.; Medrano, J. F.; VanLeeuwen, D.; Silver, G. A.; and Thomas, M. G. (2009). "Growth Endocrine Axis and Bovine Chromosome 5: Association of SNP Genotypes and Reproductive Phenotypes in an Angus, Brahman and Romosinuano Diallele". *Publications from USDA-ARS / UNL Faculty*. 1386. <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsf/acpub/1386>.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023) Al alza producción lechera en México, crece 9% en los últimos cinco años. (<https://www.gob.mx/agricultura/prensa>)

/al-alza-produccion-lechera-en-mexico-crece-9-en-los-ultimos-cinco-anos).

Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (SIAP). (2023). Anuario estadístico de la producción ganadera. Leche bovina: Producción, precio, valor. (https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/).

Zhou, Y., Connor, E.E., Wiggans, G.R., Lu, Y., Tempelman, R.J., Schroeder, S.G., Chen, H., Liu, G.E. (2018). Genome-wide copy number variant analysis reveals variants associated with 10 diverse production traits in Holstein cattle. *BMC Genomics*. Volumen 19 No. (1) Pp 314.

Marcadores genómicos asociados a fertilidad en vacas lecheras de raza Holstein bajo estrés por calor

García Benítez Carolina^a✉,
Leyva-Corona José Clemente^a,
Thomas Milton Glenn^b,
Luna-Nevárez Pablo^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, Ciudad Obregón, Sonora
85000, México.

^bTexas A&M AgriLife Research, 78102
Beeville TX, USA.
✉pluna@itson.edu.mx

Palabras clave: Biotecnologías, marcadores moleculares, genes, sustentabilidad

Introducción

El manejo reproductivo de la vaca lechera es importante para la eficiencia del hato y representa uno de los principales costos de producción. Un factor crítico que afecta la fertilidad en las vacas criadas en zonas semiáridas es el estrés térmico. Una alta temperatura ambiental puede reducir la eficiencia reproductiva en hembras ya que afecta el ciclo estral, la ovulación, la fecundación, la implantación y supervivencia embrionarias, la gestación, así como el mecanismo del parto (Becker *et al.*, 2020). Con los avances en las tecnologías moleculares, los estudios asociativos del genoma completo (GWAS) se han convertido en una herramienta muy útil para identificar genes asociados a caracteres de fertilidad (Martínez *et al.*, 2021). Por lo tanto, el objetivo fue identificar marcadores genómicos

asociados al rasgo reproductivo de servicios por concepción en vacas Holstein manejadas bajo estrés por calor en una región semidesértica.

Metodología

Se utilizaron 100 vacas de raza Holstein con 60 días de lactación, de 3 a 6 años y peso promedio de 600 kg. Al iniciar el verano recibieron el protocolo OvSynch para sincronizar la ovulación más inseminación artificial a tiempo fijo, realizando el diagnóstico de gestación a los 30 días posteriores. Se evaluó la variable reproductiva de número de servicios por concepción (SPC). Se recolectó una muestra de sangre de cada vaca en tarjetas “Blood cards”, las cuales se enviaron al Laboratorio Neogen (Nebraska USA) para la extracción de ADN y genotipificación usando el panel BovineSNP50 que contiene 53,218 polimorfismos (SNPs). Se realizó un GWAS a través de un modelo estadístico de efectos mixtos para investigar las relaciones entre el genotipo de cada marcador SNP y el carácter de SPC. Los valores de P derivados de los análisis genómicos se sometieron a la prueba de corrección de Bonferroni ($b = \alpha/n$).

Resultados y discusión

El análisis de GWAS identificó 7 marcadores genómicos asociados a la variable de SPC que cumplieron con la prueba de ajuste Bonferroni ($P < 1.0 \times 10^{-6}$) y los cuales se encuentran ubicados dentro de diferentes genes a lo largo del genoma (Tabla 1). De estos genes, uno de los más representativos es el DISC1, el cual fue reportado por Contreras-Méndez *et al.* (2024) como asociado a la secreción de hormona anti-Mülleriana y al mejoramiento de rasgos reproductivos tales como desarrollo ovárico y tasa de concepción. En un estudio

Tabla 1. Resumen de SNPs significativos ($P < 1.0 \times 10^{-6}$) resultantes del estudio de asociación del genoma completo (GWAS) en vacas Holstein manejadas bajo estrés calor.

SNP ID ¹	Variante ²	Cromosoma ³	Posición ⁴	Gen ⁵	P-value ⁶
rs43475092	Intergénica	3	67'819418	ST6GALNAC5	2.68×10^{-10}
rs110893810	Intrónica	17	71'821119	RAB36	2.69×10^{-9}
rs133890206	Intrónica	21	2'217205	IQGAP1	3.59×10^{-8}
rs42849475	Intrónica	5	1'104904	LGR5	8.66×10^{-8}
rs137194049	Intrónica	28	4'599045	DISC1	2.59×10^{-7}
rs136074864	Intrónica	4	97'452287	EXOC4	4.03×10^{-7}
rs133716241	Intrónica	5	28'142436	FIGNL2	1.03×10^{-6}

¹ Referencia del SNP en el NCBI; ² Variante del SNP en el cromosoma; ³ Número del cromosoma autosómico *Bos Taurus*; ⁴ Posición del SNP dentro del cromosoma; ⁵ Símbolo del gen candidato (ST6GALNAC5= ST6 N -Acetylgalactosaminide Alpha-2,6-Sialyltransferase 5; RAB36= member RAS oncogene family; IQGAP1= IQ Motif Containing GTPase Activating Protein 1; LGR5= Leucine Rich Repeat Containing G protein- Coupled Receptor 5; DISC1= DISC1 Scaffold Protein, Disrupted In Schizophrenia 1 Protein; EXOC4= Exocyst Complex Component 4; FIGNL2= Fidgetine like 2); ⁶ Significancia estadística.

similar, May *et al.* (2022) reportaron el gen ST6GSLNSC5 como asociado a enfermedades uterinas y parámetros reproductivos. De acuerdo con Singh *et al.* (2014), la selección a nivel molecular ayuda a la toma de decisiones en etapas tempranas de la vida de un animal, lo que reducirá sustancialmente el costo de los programas de selección contribuyendo a la sustentabilidad de los hatos ganaderos.

Conclusiones

La implementación de biotecnologías reproductivas y análisis moleculares en vacas lecheras es una estrategia para mejorar la fertilidad, lo cual permitirá reducir las pérdidas económicas debido a una baja tasa reproductiva durante el verano. Al seleccionar animales de genética superior se optimizan recursos económicos beneficiando la rentabilidad de la empresa con un impacto social favorable, ya que, al tener hatos lecheros más rentables, se generan fuentes de empleo y derrama económica para la localidad. Los genes identificados en este estudio pueden ser utilizados en programas de selección asistida para mejorar la fertilidad en vacas Holstein manejadas en condiciones de estrés por calor. Se sugiere dar continuidad a este estudio para validar los marcadores encontrados en poblaciones

diferentes y con mayor número de vacas.

Referencias

- Becker, C.A., Collier, R.J., Stone, A.E. (2020). Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103:6751–6770. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>
- Contreras-Méndez, L.A., Medrano, J.F., Thomas, M.G., Enns, R.M., Speidel, S.E., Luna- Nevarez, G., López-Castro, P.A., Rivera-Acuña, F., Luna-Nevarez, P. (2024). The Anti- Müllerian Hormone as Endocrine marker and molecular marker associated with reproductive performance in Holstein Dairy Cows Exposed to heat stress. *Animals*. 14:213. <https://doi.org/10.3390>
- Martínez, C.A., Roca, J., Barranco, I. (2021). Editorial: Molecular Biomarkers in Animal Reproduction. *Frontiers in Veterinary Science*. 8:802187. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.802187>
- May, K., Sames, L., Scheper, C., König, S. (2022). Genomic loci and genetic

parameters for uterine diseases in first-parity Holstein cows and associations with milk production and fertility. *Journal of Dairy Science*. 105:509- 524. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20685>

Singh, U., Deb, R., Alyethodi, R., Alex, R., Kumar, S.A., Chakraborty, S., Dhama, K., Sharma, A. (2014). Molecular markers and their application in cattle genetic research – A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*. 6:49-58. <https://doi.org/10.1016/j.bgm.2014.03.001>

Determinación de la frecuencia de parásitos en animales a la necropsia en Cajeme, Sonora

Soto-Noriega Francisco Xavier^a,
Molina-Barrios Ramón Miguel^a y
Cedillo-Cobián Jesús Raymundo^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, 85000, Ciudad Obregón,
Sonora, México.
✉:jesus.cedillo20431@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Parásitos, ectoparásitos, nematodos

Introducción

Una de las simbiosis en la naturaleza es el parasitismo, que es donde un animal vive a expensas de otro animal que actúa como un hospedador y le provocan daño, su estudio es importante pues determina su distribución geográfica y ayuda a entender las enfermedades que afectan a los animales y que algunas se transmiten a las personas. En este trabajo se determina la frecuencia de parásitos que se presentaron durante el periodo de enero junio 2024 en las distintas especies de animales que se remitieron a la necropsia, como parte de la formación de Médicos Veterinarios Zootecnistas en el ITSON unidad Náinari.

Metodología

Se realizaron pruebas coproparasitológicas por el método de flotación en solución saturada de sal y de azúcar. En un vaso de plástico se depositaron 200 mL de solución

saturada de sal o solución azucarada a la cual se le agregaron 5 gr de materia fecal. Con una cuchara se mezclaron para después filtrarla en una gasa y dejarla reposar por 15 min. Después de ello se colocaron en un portaobjetos 10 gotas tomadas de la superficie de diferentes puntos del vaso de la flotación filtrada y se observaron al microscopio en 4X y 10X, para determinar la presencia de huevos, que acorde a su morfología corresponde a cierto parásito. La identificación de parásitos adultos se realizó en un estereoscopio para observar sus características morfológicas, los parásitos que se identificaron fueron tanto parásitos internos y externos.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se registran por especie animal los endoparásitos y ectoparásitos adultos identificados según su morfología. En la Tabla 2 se detallan las especies, número de pruebas positivas y negativas y los huevos identificados. Para este trabajo se realizaron un total de 57 pruebas coproparasitológicas de las cuales 18/57 (31.57%) fueron positivas y 39/57 (68.52%) fueron negativas.

Tabla 1. Especie, endoparásitos y ectoparásitos adultos identificados por su morfología mediante observación estereoscópica

Especie	Endoparásito	Ectoparásito
canino	<i>Dirofilaria immitis</i> <i>Physaloptera spp.</i> <i>Toxacara canis</i>	<i>Pulex irritans</i> <i>Trichodectes canis</i>
Felino	<i>Physaloptera praeputialis</i>	
Rumiantes Silvestre	<i>Cysticercus tenuicollis</i> <i>Oestrus ovis</i>	<i>Pulex irritans</i>

Los parásitos encontrados y reconocidos en caninos y felinos son comunes en esta región y en otras partes de México, esto según (Morales, 2023). Pero hay uno que no se

Tabla 2. Especies, número de pruebas positivas sobre el número de analizadas y los huevos identificados mediante el análisis coproparasitológico

Especie	No. de pruebas positivas	Huevos de parásitos
canino	2/11	<i>Diphylidium caninum</i> <i>Ancylostoma sp</i>
Felino	3/17	<i>Toxacara cati</i> <i>Ancylostoma sp</i> <i>Demodex</i>
Rumiantes	6/12	<i>Haemonchus contortus</i> <i>Strongyloides papillosus</i> <i>Ostertagia sp</i> <i>Trichostrongylus sp</i> <i>Eimeria ovinoidalis</i>
Equino	2/3	<i>Trichostrongylus sp</i> <i>Strongylus sp</i>
Porcino	0/2	
Ave	4/9	<i>Heterakis gallinarum</i> <i>Ascaridia galli</i> <i>Eimerias sp.</i>
Silvestre	1/3	<i>Nematodirus sp</i>

reporta en esta base de datos y es *Physaloptera praeputialis*, el cual llama la atención por su presencia en México y aquí en Cajeme es frecuente encontrarlo. En los rumiantes en la región se cuentan con diversos parásitos los cuales se han identificado y son resultados similares a los publicados por Munguía *et al.* (2018). Las muestras de equinos y aves que se analizaron presentan parásitos conocidos en la región de Cajeme desde hace tiempo.

Conclusiones

En este trabajo se determinan una frecuencia del 31.57% de animales positivos a huevos en el estudio coproparasitológico que son remitidos a necropsia en la entidad, así como 9 tipos diferentes de endo y ectoparásitos colectados durante esas prácticas. Se recomiendan más estudios epidemiológicos considerando las épocas del año, manejos sanitarios previos, tipos de alimentación, entre otras variables que ayuden a entender su persistencia.

Referencias

- Morales R. (2023). Desarrollo y análisis de una base de datos de los parásitos de los gatos en la ciudad de México y Área metropolitana.
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.114330/TES01000838577/3/0838577.pdf>
- Munguía J., Navarro R., Hernández J., Molina R., Cedillo J., Granados J. (2018). Parásitos gastroentéricos, población *Haemonchus contortus* en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México. *Abanico vet* vol.8 no.3 Tepic sep./dic. 2018.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.83.2>

Caracterización de costras biológicas del suelo y su impacto en el albedo terrestre

Araujo-Encinas Janeth Jacqueline^{a✉} y
Sánchez-Mejía Zulia Mayari^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y
Medioambiente, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉janeth.araujo212869@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Costra biológica del suelo, albedo, morfología, suelo, ecosistema semiárido, cianobacterias.

Introducción

Las Costras Biológicas del Suelo (CBS) son el resultado de un consorcio de cianobacterias, algas verdes, líquenes, musgos, y bacterias, que se encuentran entre partículas de suelo desprovistas de vegetación y recibe radiación solar directa, estas CBS se distribuyen en climas con altas temperaturas, como los desiertos y semidesiertos (Belnap *et al.*, 2001). Las CBS varían en cuanto a morfología (Concostrina-Zubiri *et al.*, 2013), lo cual les da una apariencia específica relacionada al grupo morfológico. Por otro lado, el albedo terrestre es la fracción de la radiación solar incidente que es reflejada por la superficie del suelo (Li & Jain, 2009), las CBS influyen en el albedo con sus distintas tonalidades dependiendo, las CBS de colores oscuros absorben mayor energía presentando un menor albedo, que, al contrario de las CBS de colores claros, las cuales presentan un mayor albedo (Belnap *et al.*, 2001). En uno de los desiertos más grandes

de México, el Sonorense, se carece de información en cuanto a la morfología de las CBS y cómo influyen en el albedo, por lo que el objetivo de este trabajo es realizar una caracterización morfológica de CBS y comprender el papel que tienen en el albedo terrestre, las CBS que se encuentren en zonas urbanas y zonas rurales del sur de Sonora.

Metodología

Se realizó un muestreo aleatorio simple por bloques en dos zonas, zona rural (Estero 'El Soldado') y una zona urbana (Ciudad Obregón). Se colectaron 30 muestras, se analizaron en un microscopio estereoscópico para determinar la morfología con apoyo del manual de caracterización de Belnap *et al.* (2001), se realizaron mediciones de albedo utilizando un radiómetro de 4 vías (SN-500, Apogee Instruments, Inc.) a cielo abierto, se determinó el color del suelo con ayuda de la tabla de Munsell al igual que la humedad del suelo para finalmente concluir con la determinación de Clorofila a, finalmente se realizó una prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre sitios.

Resultados y discusión

El color predominante de los suelos fue café/rojizo oscuro, la mayoría de los suelos muestreados presentaron una buena retención de humedad (%), el grupo morfológico dominante en las CBS son las cianobacterias y algas lo cual fue corroborado con la detección de Clorofila a (Figura 1).

Los suelos presentaron un albedo menor al tener presencia de CBS y estar humedecidas (Figura 2), esto ya que la humedad activa la actividad metabólica de la CBS lo cual también influye en los intercambios de energía (Belnap & Lange, 2003), favoreciendo una

disminución en el albedo terrestre a comparación de suelos desnudos y sin CBS.

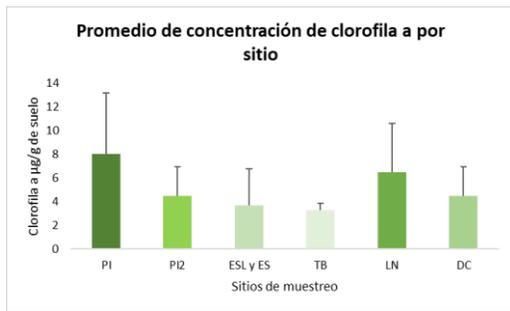


Figura 1. Clorofila a ($\mu\text{g/g}$ de suelo) en cada bloque muestreado con la desviación estándar correspondiente a los valores de cada sitio, donde PI y PI2 pertenecen al sitio de Jardín ITSON Centro, ESL y ES a Estero ‘El Soldado’, TB es Terreno baldío, LN pertenece a Laguna del Náinari y DC a Duna costera.

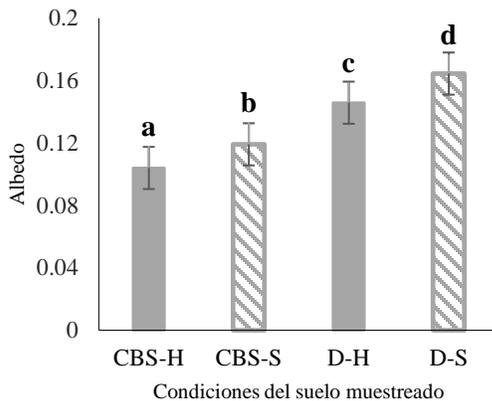


Figura 2. Albedo promediado para distintas condiciones de suelo con su barra de error correspondiente, donde CBS-H es muestra de suelo húmedo y con presencia de costra biológica del suelo, CBS-S es muestra de suelo seca y con presencia de CBS, D-H es muestra de suelo húmeda y sin CBS, D-S es muestra de suelo seca y sin CBS.

Conclusiones

Se determinó la presencia de CBS con cianobacterias y algas por medio de la detección de clorofila a, ya que las

cianobacterias son organismos fotosintéticos, al igual que las algas. El albedo es menor en suelo húmedo y con CBS, excepto cuando se presentan rasgos característicos del suelo que puedan interferir con los valores de albedo, como cristales de sal en suelo, y un menor albedo favorece la actividad metabólica de los microorganismos presentes de la CBS. Se recomienda realizar el experimento en una escala más amplia e *in-situ* para caracterizar estos cambios de albedo entre suelos con CBS y suelos desnudos.

Referencias

Belnap, J., Kaltenecker, J. H., Rosentreter, R., Williams, J., Leonard, S., & Eldridge, D. (2001). *Biological Soil Crusts: Ecology and Management* (Vol. 110). US Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center.

Belnap, J., & Lange L., O. (2003). *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management* (J. Belnap & O. L. Lange, Eds.; 1st ed., Vol. 150). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-56475-8>

Concostrina-Zubiri, L., Martínez, I., Huber-Sannwald, E., & Escudero, A. (2013). Biological Soil Crust effects and responses in arid ecosystems: Recent advances at the species level. *Ecosistemas*, 22(3), 95–100. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.13>

Li, S. Z., & Jain, A. K. (2009). *Encyclopedia of Biometrics*. www.springerlink.com

Flujos verticales de CO₂ dominados por la respiración del ecosistema en un manglar de Yucatán

Valenzuela-Partida Julián Ernesto^a,
Uuh-Sonda Jorge Maximiliano^{a,c}✉,
Sánchez-Mejía Zulia Mayari^{a,c},
Figueroa-Espinoza Bernardo^{b,c},
Méndez-Barroso Luis Arturo^{a,d} y
Yépez-González Enrico Arturo^{a,c}

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bInstituto de Ingeniería, Laboratorio de
Ingeniería y Procesos Costeros, Universidad
Nacional Autónoma de México, 97351, Sisal,
Yucatán, México.

^cLaboratorio Nacional Conahcyt MexFlux.

^dLaboratorio Nacional de Resiliencia
Costera, LANRESC.
✉pe196041@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Covarianza de vórtices,
manglar de cuenca, Península de Yucatán,
flujos verticales

Introducción

Los manglares destacan por su capacidad como mitigadores del cambio climático al capturar y almacenar dióxido de carbono (CO₂; Alongi, 2020). No obstante, aún se conoce poco sobre la dinámica de los flujos verticales de CO₂, el control que ejercen las variables meteorológicas (Alvarado-Barrientos *et al.*, 2021; Uuh-Sonda *et al.*, 2024), y el comportamiento de sus componentes: la producción primaria bruta (GPP), y la respiración del ecosistema (R_{eco}).

Este estudio emplea redes neuronales para analizar el intercambio neto de CO₂ (NEE), obtenido con la técnica de Eddy Covariance (EC), en un manglar del noroeste de Yucatán, con el fin de poder particionar dicho flujo vertical.

Metodología

El estudio se realizó en una estación ecohidrológica del noroeste de Yucatán, cerca del municipio de Sisal (21.125°N, 90.006°O). La estación cuenta con un sistema de EC (anemómetro sónico 3D y analizador infrarrojo de CO₂ y H₂O), así como de varios instrumentos biometeorológicos. Los datos obtenidos (EC y biometeorológicos, cada media hora, entre el 18/marzo/2022 y el 20/abril/2023) fueron procesados en MATLAB®, mediante rutinas para la lectura y análisis estadístico, así como diagramas boxplot para evaluar la influencia sobre el NEE de variables, como la temperatura del aire (TA) y el nivel de inundación (WL). Para estimar la R_{eco}, se aplicó un modelo de red neuronal mediante el toolbox “Neural Network Fitting” de MATLAB® (algoritmo de Levenberg-Marquardt), usando la relación entre el NEE nocturno (R_{eco} nocturna) con la TA y el WL. Toda vez que el algoritmo haya determinado el mejor ajuste entre ellos, se extrapola a las horas de luz para poder determinar la R_{eco} diurna. Finalmente, la GPP es determinada mediante la Ecuación 1.

$$GPP = NEE - R_{eco} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Resultados y discusión

La Figura 1a muestra el NEE diario y sus componentes diurnos y nocturnos. Como era de esperarse, la componente nocturna presenta valores positivos (R_{eco} nocturna). Sin embargo,

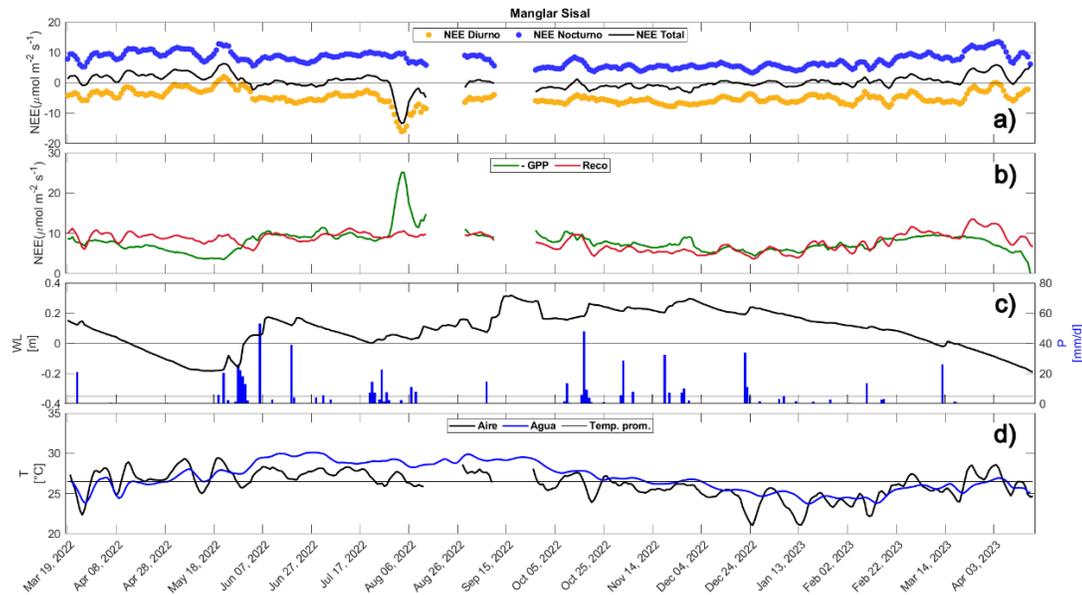


Figura 1. Series de tiempo obtenidas en el sitio

los valores diurnos se muestran muy poco negativos, indicando que la diferencia entre la GPP y la R_{eco} es pequeña. Este comportamiento contrasta con lo reportado en otros manglares de cuenca de la región (Alvarado-Barrientos *et al.*, 2021) donde se observan en ambos casos valores más negativos. Se sabe en este sitio, que la dinámica del WL controla el NEE (Uuh-Sonda *et al.*, 2024), pues se puede observar que cuando el WL desciende por debajo del nivel de sedimento (Figura 1c), el NEE total presenta valores más positivos (Figura 1a; fuente de C), mientras que, con la llegada de las lluvias y el aumento de la WL, el NEE tiende a descender hacia valores más neutrales o negativos (ligero sumidero de carbono). La temperatura igual juega un papel importante (Figura 1d), pues se puede observar que, con temperaturas altas en primavera y verano, y WL bajos, se incrementa el NEE. La partición del NEE obtenida con redes neuronales (Figura 1b) confirma que la R_{eco} domina la NEE durante las condiciones de sequía, favoreciendo la respiración del suelo probablemente a la exposición de los sedimentos

y las condiciones más cálidas. El valor anual de GPP para este ecosistema ($2,664.3 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) es similar a lo reportado en la región (Alvarado-Barrientos *et al.*, 2021), descartando que el comportamiento de fuente se deba a una disminución de la GPP. Por otro lado, el valor anual de la R_{eco} ($2,717.7 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) se muestra muy elevado en nuestro sitio (Alvarado-Barrientos *et al.*, 2021) y similar en magnitud a la de la GPP.

Conclusiones

En este manglar estudiado, el NEE muestra valores mayormente positivos, lo que indica que el ecosistema actúa como una fuente moderada de carbono ($53.4 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$). Este comportamiento se debe principalmente a la alta R_{eco} durante los periodos de sequía, cuando los suelos están expuestos y las temperaturas son elevadas. La partición del NEE confirma que la R_{eco} es elevada, mientras que la GPP sigue los patrones típicos de la región. Esto sugiere que la dinámica del NEE en este manglar está dominada por la R_{eco} .

Referencias

- Alongi, D. M. (2020). Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation (Version 1). *Sci*, 2(3), 57. <https://doi.org/10.3390/sci2030057>.
- Alvarado-Barrientos, M. S., López-Adame, H., Lazcano-Hernández, et al. (2021). Ecosystem-atmosphere exchange of CO₂, water, and energy in a basin mangrove of the northeastern coast of the Yucatan Peninsula. *JGR Biogeosc.*, 126, e2020JG005811.
- Uuh-Sonda, J. M., Sánchez-Mejía, Z., Figueroa-Espinoza, B. (2023). Análisis de flujos ecohidrológicos ecosistema-atmósfera en un manglar de la Península de Yucatán. A. Aguilar, E. Yepez, J. García, J. Torres, J. Arreola, R. Barraza y Z. Sánchez (Comp.). *Memorias del VI. Congreso Mexicano de Ecosistemas de Manglar*. (pp. 56). México: ITSON.
- Uuh-Sonda, J. M., Sánchez-Mejía, Z., Méndez-Barroso, L. Figueroa-Espinoza, B. (2024). Patrones diurnos del intercambio neto del ecosistema en dos manglares mexicanos de regiones bioclimáticas contrastantes. *Madera Y Bosques*, 30(4), e3042620.

Asociación de *Trupanea* sp. (Diptera: Tephritidae) con el girasol *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) en el Valle del Yaqui

Cázares-Cruz Nayely Yolanda^{a,b}✉,
Aguilera-Molina Néstor Alberto^a y
Ochoa-Espinoza Xochilt Militza^b,

^aInstituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 85208 Cd.

Obregón, Sonora, México

^bAsistente de investigación.

✉nycazarescruz@hotmail.com

Palabras clave: Fitofagia, infestación, oleaginosas, producción

Introducción

El girasol *Helianthus annuus* L. (asteraceae) es nativo de la región Neártica y tiene uso alimenticio, cosmético y tintóreo (Jocić *et al.*, 2015). El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2024), indica que, en Sonora, este cultivo se siembra en más de 400 ha. Foote *et al.* (1993) mencionan que hay varias especies de la familia Tephritidae asociadas a *H. annuus*, aunque no todas ellas son de importancia económica. El objetivo de esta investigación fue identificar las especies de dípteros que infestan a los capítulos de *H. annuus* en el Valle del Yaqui.

Metodología

En el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug (INIFAP-CENEB), durante el ciclo otoño invierno 2022

– 2023, se sembró *H. annuus* como barrera viva para separar tratamientos diferentes de cártamo *Carthamus tinctorius* L. Cuando las plantas de *H. annuus* llegaron a la etapa de floración, se observaron capítulos dañados por insectos fitófagos, por lo que se cortaron 50 capítulos al azar. La disección de las inflorescencias se llevó a cabo en el Laboratorio de Entomología del INIFAP-CENEB. Al realizarla, se recolectaron 76 puparios de dípteros que fueron mantenidos en condiciones controladas (temperatura de 20 °C, HR 50 % y fotoperiodo 12:12). Los dípteros emergidos fueron sacrificados con etanol al 70 % para ser identificados con la clave de McAlpine (1981) para nivel de familia y la de Foote & Steyskal (1987) para géneros de la familia Tephritidae. Las moscas fueron depositadas en la colección entomológica del INIFAP-CENEB.

Resultados y discusión

De los puparios obtenidos de las inflorescencias de *H. annuus*, se obtuvieron 28 dípteros, de los cuales, 15 fueron hembras (Figura 1a) y 13, machos (Figura 1b).



Figura 1. Hábitos de *Trupanea* sp.: a) hembra, b) macho

Estos fueron identificados como moscas de la fruta (familia Tephritidae) del género *Trupanea* Schrank. De los 48 puparios restantes emergieron avispa parasitoides que están en proceso de identificación. De acuerdo

con Foote *et al.* (1993), algunas especies del género *Trupanea* pueden ser difíciles de identificar por la amplia variación del patrón de las alas o pueden ser confundidas con otros géneros de la familia como *Tephritis* Latreille, además, el género tiene una distribución geográfica muy extensa. Asimismo, de acuerdo a los mismos autores, hay más especies de moscas de esta familia que se alimentan de *H. annuus*.

Conclusiones

Aunque se detectó la asociación del díptero *Trupanea* sp. con los capítulos de *H. annuus* usado como barrera viva, no se puede asignar el término “plaga” a esta especie, ya que el muestreo se realizó en una población pequeña de plantas, sin embargo, es conveniente llevar a cabo disecciones aleatorias de inflorescencias de *H. annuus* cultivado para determinar el impacto del tefrítido en la producción y de arvenses de la misma especie u otras del género *Helianthus* que actúen como hospederos alternos.

Referencias

- Foote, R. H., Steyskal, G. C. (1987). Tephritidae. En: McAlpine, J. F., Peterson, B. V., Shewell, G. E., Teskey, H. J., Vockeroth, J. R., Wood, D. M. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 2. Biosystematics Research Institute, Agriculture Canada. Ottawa, Canadá. pp. vi + 658. ISBN: 0-660-12125-5.
- Foote, R. H., Blanc, F. L., Norrbom, A. L. (1993). Handbook of the Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) of America North of Mexico. Cornell University Press. Nueva York, Estados Unidos de América. 571 p. ISBN: 08014-2623-5.

- Jocić, S., Miladinović, D., Kaya, Y. (2015). Breeding and Genetics of Sunflower. En: Martínez-Force, E., Dunford, N. T., Salas, J. J. Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization. AOCS Press. Illinois, Estados Unidos de América. pp. xx + 710. ISBN: 978-1-893997-94-3.

- McAlpine, J. F. (1981) Key to Families – Adults. En: McAlpine, J. F., Peterson, B. V., Shewell, G. E., Teskey, H. J., Vockeroth, J. R., Wood, D. M. Manual of Nearctic Diptera. Vol. 2. Biosystematics Research Institute, Agriculture Canada. Ottawa, Canadá. pp. vi+674

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Identificación de bacterias patógenas en lagunas de oxidación de la Ensenada la Salada, Guaymas – Sonora

Niño-Gómez Doris Carolina^a,
Ruiz-Zatarain Alejandra^a,
Mendoza-Chávez Claudia Erika^a,
Leyva-Soto Luis Alonso^{a,b} y
Gortáres-Moroyoqui Pablo^a✉

^aDepartamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México.

^bPrograma Investigadoras e Investigadores por México del CONAHCYT
✉ pablo.gortares@itson.edu.mx

Palabras clave: Patógenos, aguas residuales, lagunas de oxidación

Introducción

El agua es un recurso renovable importante para la vida y la biodiversidad en el planeta. Su calidad depende de los compuestos químicos, materiales que contenga disueltos y los microorganismos que estén presentes. Las aguas residuales son generadas a partir de actividades humanas y requieren tratamiento adecuado antes de ser liberadas al ambiente. Una de las formas de tratar las aguas residuales es el empleo de lagunas de oxidación o estabilización que utilizan procesos naturales para depurar el agua y son comunes en áreas rurales o con bajos recursos por su bajo costo y fácil operación. La concentración de patógenos en ellas reflejará el riesgo de infecciones que puedan generar una vez sean devueltas a los cuerpos de agua como ríos o

mares (Vasistha & Ganguly, 2020). El objetivo de esta investigación fue evaluar la presencia y concentración de 4 bacterias patógenas (*Escherichia coli* O157:H7, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella spp.* y *Shigella spp.*) presentes en las lagunas de oxidación de La Ensenada La Salada Guaymas, Sonora, mediante técnicas convencionales de microbiología y especializadas de PCR.

Metodología

Se realizó búsqueda en literatura reciente de cebadores para la amplificación del genoma de *E. coli* O157:H7, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella spp.* y *Shigella spp.* Se seleccionaron los que cumplieran con los criterios de selección de Tamay *et al.*, (2013) y fueron enviados a sintetizar. Se realizó 1 muestreo mensual (de junio a octubre del 2023) en la ensenada “La Salada”, en Guaymas. Se tomó muestra de agua de la Laguna N° 1 (E) y de la N° 4 (S) y se transportaron en condiciones de refrigeración, se homogenizaron, se realizaron diluciones seriadas y se sembraron 100µL en cajas Petri (por triplicado) en Agar SS, MUG y ENDO. Se incubaron a 37 °C por 48 horas. Se realizó conteo de UFC por placa. Se aplicó metodología de protocolo DNazol y choque térmico a 95°C para extracción de ADN. Se realizó PCR Punto Final y Tiempo Real. Se elaboró gel de agarosa al 2% para observar segmentos amplificados y PCR Tiempo Real en el Termociclador BIO-RAD CFX96 Real-Time System.

Resultados y discusión

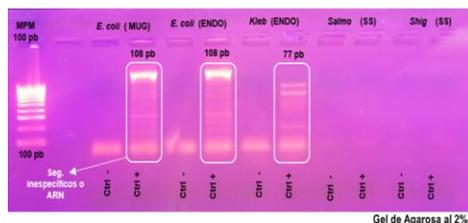
Los resultados obtenidos durante el conteo de UFC (ver Tabla 1.) a la salida (S) del sistema de tratamiento de las Lagunas de Oxidación sobrepasan los límites máximos permisibles de

Tabla 1. Conteo de UFC a la Salida (S) del sistema de Lagunas de Oxidación

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
	S	S	S	S	S
	UFC/100 mL				
<i>E. coli</i> O157:H7	7.33E+04	1.63E+05	1.98E+05	3.10E+05	1.40E+04
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5.89E+05	7.67E+04	4.50E+04	1.43E+04	1.24E+05
<i>Salmonella spp.</i>	3.93E+05	3.33E+03	4.33E+03	5.70E+04	6.00E+03
<i>Shigella spp.</i>	3.33E+03	9.68E+03	4.00E+03	1.05E+05	4.94E+04

contaminantes microbiológicos para aguas residuales tratadas (1,000 NMP/100 mL) (SEMARNAT, 1996 – 1997). Aunque los valores en números rojos muestran los meses en los que se observó la mayor disminución en la concentración para los 4 patógenos, se siguen sobrepasando los límites máximos permisibles.

La alta concentración de patógenos en la salida (S) del sistema Lagunas de Oxidación refleja un riesgo de infección para la población humana cercana y podría indicar que las lagunas necesitan mantenimiento como dragado y eliminación de lodos acumulados en el fondo. La futura reutilización de las aguas provenientes de estas lagunas en la agricultura debería tomar en cuenta el someterlas a un tratamiento complementario de depuración que logre reducir aún más la concentración de patógenos a los valores estipulados por la NOM-003-SEMARNAT-1997, antes de ser vertidas directamente a los cultivos.

**Figura 1.** Resultados de PCR PF

El gel de electroforesis (ver Figura 1) mostró la aparición de múltiples bandas en los carriles de los controles positivos para de los aislados sospechosos de *E. coli* O157:H7 y *Klebsiella*

pneumoniae. No se observó banda de amplificación correspondiente a los segmentos de ADN de interés esperados, de 108 pb para *E. coli* O157:H7 y 77 pb para *Klebsiella pneumoniae*, lo cual podría indicar amplificación de segmentos inespecíficos o presencia de RNA en la muestra de ADN extraído. Para los aislados sospechosos de *Salmonella spp.* y *Shigella spp.* no se observaron las bandas de amplificación, correspondientes a los segmentos amplificados esperados (95 pb y 64 pb respectivamente).

Conclusiones

1. El efluente de las lagunas de oxidación de La Ensenada La Salada presenta alta concentración de patógenos superando el límite máximo permisible de contaminantes para aguas residuales tratadas que se planeen reusar con contacto indirecto al público (1,000 NMP/100).
2. La extracción rápida de ADN por ebullición es una alternativa eficiente para obtener ADN de forma rápida. Sin embargo, este método no elimina inhibidores de ADN, DNAsas, ni ARN que pueden llegar a interferir con la realización de la PCR.

Referencias

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) & Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (1996-1997). Norma Oficial Mexicana NOM-

003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tamay, D. L., Ibarra C. & Velasquillo C. (2013). Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. ID. 2013;2(2):70-78.

Vasistha, P., & Ganguly, R. (2020). Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 32, 544-552. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.092>

Presencia de arsénico en agua purificada en Zinapécuaro, Michoacán

Martínez-Cinco Marco Antonio^a✉,
Mendoza-Lagunas José Leopoldo^b,
Rodríguez-Cantú Laura Nallely^c,
Ávila-Guzmán Jesús^a y
Meza-Montenegro María Mercedes^b

^aDivisión de Estudios de Posgrado de la
Facultad de Ingeniería Química, 58030
Morelia, Michoacán, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
Sonora, México.

^cFacultad en Enfermería, 58000 Morelia,
Michoacán, México.

✉marco.martinez@umich.mx

Palabras clave: Arsénico, agua purificada, riesgo a la salud.

Introducción

El arsénico es un metaloide tóxico, cancerígeno del grupo 1, según la Agencia de sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) que tiene efectos negativos en la salud humana. Este metaloide está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y llega al ser humano a través de diferentes matrices como agua, polvos y alimentos usando diferentes vías de exposición como ingesta, contacto dérmico e inhalación. La región de Zinapécuaro, Michoacán contiene arsénico en el agua de pozo y manantiales, que abastecen a la población para sus necesidades básicas

(Rodríguez-Cantú, 2022). Existen empresas que purifican agua para su consumo, usando tecnologías que no remueven metales pesados. Esta agua la adquiere la población como purificada, pensando que es apta para el consumo humano. El objetivo del presente trabajo es detectar la presencia de arsénico en agua purificada de relleno en la población de Zinapécuaro, Michoacán, México.

Metodología

La zona de estudio fue la ciudad de Zinapécuaro, Michoacán, México. Se muestrearon 9 empresas dedicadas a la purificación de agua para su venta a la población, usando el método de “relleno de garrafón”. Los sitios se identificaron desde M1 hasta M9 en diferentes sectores de la ciudad. Estos negocios usan el agua de pozo o manantial de la red municipal. Se muestreó agua y se conservó la muestra con ácido nítrico ultrapuro para su posterior análisis. Se analizó arsénico total con un espectrofotómetro de absorción atómica Agilent 240 FS acoplado con un generador de hidruros marca Agilent VGA 77 siguiendo el método de análisis (NMX-AA-051-SCFI-2016, 2016). Para el control de calidad se usó el material estándar de referencia para metales pesados en agua 1640a (NIST, U.S. Departamento de comercio, Gaithersburg, MD), el porcentaje de recuperación estuvo en un rango de 97% al 120%, el coeficiente de variación fue menor a 5% y el límite de cuantificación fue 3.3 µg/l. Con los datos promedio de las concentraciones de arsénico, se comparó con la NOM-127-SSA-2021 y en los sitios donde se excedió la norma de 10 µg/l, se realizó un análisis de riesgo cancerígeno y no cancerígeno (USEPA, 2001).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de la concentración de arsénico en agua purificada

Sitio	N	Conc. media de As µg/L	Desviación Estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
M1	9	20.56	8.09	10.63	13.93	21.58	24.79	36.95
M2	10	16.58	3.33	12.41	14.71	15.95	17.77	24.29
M3	9	24.55	7.91	6.96	20.72	25.13	31.09	32.09
M4	3	21.01	13.42	5.56	5.56	27.61	29.85	29.85
M5	7	8.641	2.557	4.52	7.61	8.45	10.77	12.63
M6	7	10.07	2.83	6.69	7.62	10.06	12.37	14.95
M7	3	2.36	3.05	0.34	0.34	0.88	5.87	5.87
M8	1	0.77	N/A	0.77	N/A	0.77	N/A	0.77
M9	1	0	N/A	0	N/A	0	N/A	0

Resultados y discusión

Los resultados de la concentración media de arsénico se muestran en la Tabla 1. Solamente los sitios M5, M7, M8 y M9 en promedio cumplen con la NOM-127-SSA-2021, el cual debe ser menor a 10 µg/L. Resultados que exceden esta norma de calidad de agua potable fueron para la misma localidad en agua de pozo en un estudio del 2022 (Rodríguez-Cantú, 2022). Se calcularon el cociente de peligro (HQ) y el riesgo de cáncer (CR). El máximo valor de la concentración promedio de arsénico fue en el sitio M3 con HQ= 3.58 y CR=0.00019901.

Conclusiones

La presencia de arsénico en agua purificada es un hecho preocupante, dado que la población la consume pensando que es perfectamente potable. Las concentraciones de la mayoría de los sitios exceden la norma nacional e internacional para este metaloide (Concentración menor a 10 µg/L).

Referencias

Barrera-de-Calderón, Marcia, Garfias, Jaime, Martel, Richard, & Salas-García, Javier. (2021). Controles geológicos en el flujo de agua subterránea y distribución de volúmenes de extracción asociados a una estructura volcánica compleja. Boletín de la

Sociedad Geológica Mexicana, 73(1), 00011. Epub 11 de octubre de 2021. <https://doi.org/10.18268/bsgm2021v73n1a170820>

Norma Mexicana: NMX-AA-051-SCFI-2016. (2016). diciembre. Análisis de Agua. Diario Oficial de la Federación; [accesada en marzo de 2022]. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464459&fecha=07/12/2016

NOM-127-SSA-2021, (2021). Secretaría de Salubridad y Asistencia, Ciudad de México.

United States Environmental Protection Agency, (USEPA). (2001). Risk assessment guidance for superfund. In: Part A, Process for conducting probabilistic risk assessment. Vol. III. Washington (DC); [accesada en sept 2024]. <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-volume-iii-part>

Rodríguez-Cantú, L. N., Martínez-Cinco, M. A., Balderas-Cortés, J. J., Mondaca-Fernández, I., Navarro-Farfán, M. del M., & Meza-Montenegro, M. M. (2022). Arsenic-contaminated drinking

water and associated health risks in children from communities located in a geothermal site of Michoacán, México: Monte Carlo probabilistic method, Human and Ecological Risk Assessment: *An International Journal*, 28(3–4), 408–432. <https://doi.org/10.1080/10807039.2022.2054771>

Producción de biogás a partir de la codigestión anaerobia de estiércol bovino

Vargas-Rodríguez José Rocaber^a,
Armenta-Romo Manuel de Jesús^b,
López-Avilés Guadalupe^a✉,
Almendariz-Tapia Francisco Javier^a y
Loreto-Muñoz Cynthia Denisse^a

^aUniversidad de Sonora, Departamento de
Ingeniería Química y Metalurgia 83000
Hermosillo, Sonora, México.

^bTecnológico Nacional de México/Instituto
Tecnológico del Valle del Yaqui, 85276,
Bácum, Sonora, México.
✉ guadalupe.aviles@unison.mx

Palabras clave: Biogás, digestión anaerobia,
estiércol bovino, cosustrato

Introducción

La industria ganadera en Sonora genera aproximadamente 14.5 millones de toneladas de estiércol al año, siendo el 84 % proveniente del ganado bovino. El manejo de estos residuos plantea un desafío debido a su potencial contaminante y a la emisión de gases de efecto invernadero (Martínez-Rubio, 2021). La digestión anaerobia se presenta como una alternativa viable para el tratamiento de estos residuos orgánicos, no solo facilitando su manejo, sino también reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y aprovechando su potencial energético para la producción de biogás (Kougias & Angelidaki, 2018; Devi *et al.*, 2022). En este estudio, se analiza la producción de biogás mediante la codigestión anaerobia de estiércol bovino con

glucosa, variando el cosustrato utilizado.

Metodología

Se realizó un muestreo de estiércol bovino de libre pastoreo en un establo ubicado en la localidad de San José de Pimas, Sonora, en las coordenadas geográficas 28°42'50" latitud norte y 110°20'53" longitud oeste. Se recolectaron dos tipos de muestras de estiércol: una muestra seca (ES), con 15 días de exposición al sol, y una muestra húmeda (EH), con 3 días de exposición al sol. Las muestras de estiércol y lodos fueron caracterizadas mediante la determinación de sólidos totales, sólidos fijos y sólidos volátiles, utilizando el método gravimétrico del APHA SM 2540. Asimismo, el porcentaje de humedad y el pH se determinaron según los métodos NMX-AA-016-194 y NMX-AA-25-1984, respectivamente. Los estudios en lote para evaluar la producción de biogás se realizaron por duplicado en botellas serológicas con un volumen de operación de 120 mL, utilizando las muestras de estiércol húmedo y seco. Se mantuvo una concentración de 25 gSV/g_{muestra}, añadiendo glucosa (20 g/L) como sustrato, y se variaron los cosustratos entre cáscara de naranja seca, pectina, biochar de cáscara de naranja (5 g/botella, respectivamente) y 12 mL de lodos anaerobios con una concentración de 15 gSV/L. Las botellas se sellaron con tapones de caucho y arillos de aluminio, y se incubaron a una temperatura de 30 ± 2 °C. El monitoreo continuo de la producción de biogás se realizó por desplazamiento de una solución de NaOH al 3%.

Resultados y discusión

La Tabla 1 presenta los resultados de la caracterización del estiércol húmedo y seco. Las muestras de estiércol bovino obtenidas

Tabla 1. Resultados de la caracterización de las muestras de estiércol bovino

Muestra	pH	Humedad (%)	ST (g/g _{muestra})	SF(g/g _{muestra})	SV (g/g _{muestra})
EH	8.42 ± 0.19	9.18 ± 0.30	0.22 ± 0.010	0.05 ± 0.007	0.16 ± 0.008
ES	8.16 ± 0.08	2.23 ± 0.27	0.49 ± 0.005	0.16 ± 0.053	0.33 ± 0.048

Nota: EH = Estiércol húmedo, ES = Estiércol seco

mostraron un pH similar al reportado por otros autores, lo cuales mencionan que se encuentra en un rango entre 6.5 y 8.5. Sin embargo, el porcentaje de humedad fue inferior a lo descrito en la literatura, donde en muestras frescas pueden alcanzar hasta un 50 % de humedad (Kougias & Angelidaki, 2018), lo cual se atribuye al tiempo de exposición al sol.

volumen máximo de metano alcanzado fue de 240 mL sin la adición de cosustrato, y se obtuvieron valores similares al utilizar una mezcla con biochar. En contraste, el estiércol con menor contenido de humedad (ES) produjo mayor cantidad de biogás, alcanzando hasta 335 mL de metano en 275 horas al emplear lodos anaerobios como cosustrato.

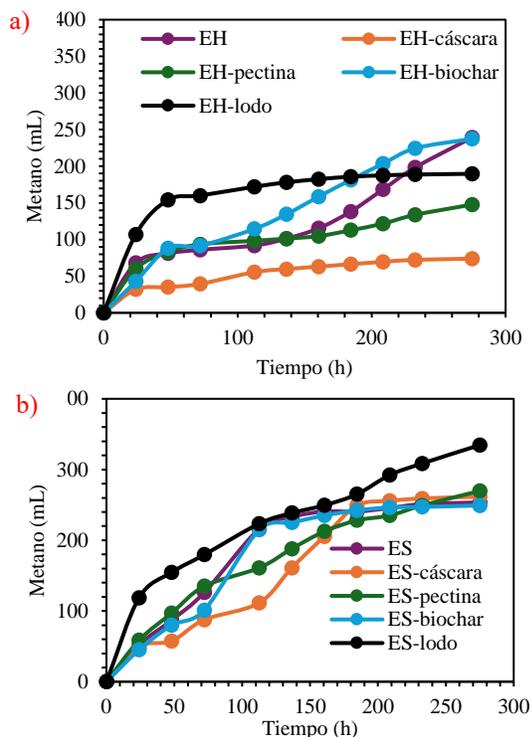


Figura 1. Producción de metano con los distintos cosustratos utilizando estiércol a) húmedo y b) seco

La Figura 1 muestra la producción de metano medida en diferentes tiempos. En el experimento con estiércol húmedo (EH), el

Conclusiones

La producción de metano mostró diferencias significativas según el tipo de estiércol y las condiciones experimentales empleadas. El estiércol húmedo (EH) alcanzó un volumen máximo de metano tanto sin la adición de cosustrato como con la mezcla de biochar, indicando una producción estable pero limitada bajo estas condiciones. Por otro lado, el estiércol seco (ES) presentó un rendimiento considerablemente mayor al incorporar lodos anaerobios como cosustrato, lo que sugiere que la menor humedad y el uso de cosustratos anaerobios favorecen una mayor producción de biogás.

Referencias

Devi, M. K., Manikandan, S., Oviyapriya, M., Selvaraj, M., Assiri, M. A., Vickram, S., ... & Awasthi, M. K. (2022). Recent advances in biogas production using Agro-Industrial Waste: A comprehensive review outlook of Techno-Economic analysis. *Bioresource Technology*, 363, 127871.

Kougias, P. G., & Angelidaki, I. (2018).
Biogas and its opportunities—A review.
*Frontiers of Environmental Science &
Engineering*, 12, 1-12.

Martínez Rubio, M. P. (2021). Potencial
energético de la digestión anaerobia del
estiércol del ganado vacuno, porcino y
avícola en Sonora (México). LADEE,
2(2), 25-31

Cuantificación de cadmio presente en sistemas de abastecimiento de agua del municipio de Cajeme

Sánchez-Morales Jesús Isai^a,
Quintana-Loya David^a✉,
Rendón-Ortiz María Isabel^a,
Villa-Ibarra Martín^a,
Morales-Cervantes Bernardo^a

^aTecnológico Nacional de México/I.T.
Superior de Cajeme. Centro de Investigación
en Tecnología del Agua y Ambiente (CITAA).
Ciudad Obregón, Sonora, México.
✉dquintana@itesca.edu.mx

Palabras clave: Metales pesados, agua,
cadmio, espectrofotometría

Introducción

Actualmente nos enfrentamos a serios problemas de contaminación, siendo que la amenaza a la salud de los ecosistemas y la salud pública ha continuado incrementándose exponencialmente. El estado de Sonora es conocido por su rica actividad agropecuaria y minera, actividades reportadas como potenciales contribuyentes en la contaminación de suelo y cuerpos acuáticos asociadas con dichas actividades (Reyes *at al.*, 2016). El objetivo es cuantificar la presencia de -Cadmio (Cd)- en los cuerpos de agua que son utilizados en las plantas potabilizadoras del organismo operador municipal de Cajeme (OOMAPASC), para la producción del agua potable consumida en la ciudad, al ser su influente-Río Yaqui- un cuerpo expuesto a actividades antropogénicas potencialmente contaminantes (PROFEPA, 2010).

Metodología

Se seleccionaron 4 cuerpos de agua del municipio de Cajeme (con 3 sitios de muestreo en cada uno); siendo tres de ellos fuentes de almacenamiento y/o abastecimiento de sistemas de potabilización municipal y un cuarto; uno de los sitios recreacionales más visitados (ver Figura 1: sitios de muestreo seleccionados).

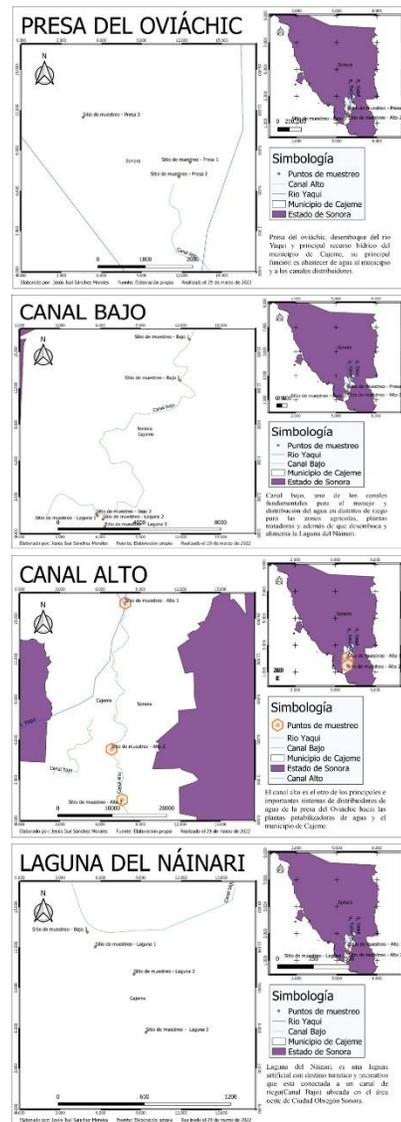


Figura 1. Ubicación puntos muestreo en cuerpos acuáticos analizados.

Tabla 1. Cuantificación metales pesados: Cd

Sitio muestreo	Noviembre 2020	Diciembre 2020	Enero 2021	Febrero 2021
Presa Oviachic	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L
Canal bajo	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L
Canal alto	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L
Laguna Nánari	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	< 0.0012 mg/L	0.0062 mg/L 0.0045 mg/L 0.0029 mg/L

Nota: 0.0012 mg/L es el límite de detección de la técnica analítica empleada

El proceso de preparación de material, muestreo y cuantificación de cadmio se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica; según la metodología establecidas en la NMX-AA-051-SCFI-2016 para las 48 muestras obtenidas en 4 meses de muestreo para cada cuerpo de agua (ver Figura 1) tres puntos muestreo en cada cuerpo de agua).

Resultados y discusión

En Tabla 1, se muestra que los sitios de muestreo: presa Oviachic, canal bajo y canal alto no presentaron valores de cadmio superiores el límite de detección del equipo (LD: 0.0012 mg/L), solamente la muestra tomada en febrero de 2021 en laguna del Nánari arroja valores superiores al límite de detección, presentando 1 de sus sitios un valor de 0.0062 mg/L; superior a 0.005 mg/L establecido como LMP para agua potable en NOM-127-SSA1-2021. Este resultado está en correspondencia con la baja cuantificación de este metal (0.0022-0.0056 mg/L) detectado en aguas superficiales en el estado de Tabasco (Flores, 2018).

Conclusiones

El cadmio no se encuentra presente en valores que se consideren un riesgo para la salud pública en cuerpos de agua empleados como

abastecimiento para el consumo en el municipio de Cajeme. Se recomienda expandir el periodo de toma de muestra, para incluir los cambios en escorrentías y/o niveles de agua presentes en los cuerpos de agua analizados y/o en sitios de la cuenca del río yaqui con mayor exposición a procesos mineros.

Referencias

- Flores, C.M., Del-Angel, E., Frías, D.M., Gómez, A.L. (2018). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(2), 39-57. Epub 24 de noviembre de 2020. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-02>
- PROFEPA, 2010. Clausura PROFEPA mina de oro de placer [Comunicado prensa]. Recuperado de [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/5989/1/mx.wap/clusura_profepa_mina_de_oro_de_%20placer_en_sonora.html]. Agosto 2024.
- Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz-Lagos, M., & González, E.E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y

seguridad alimentaria. *Revista
Ingeniería Investigación y Desarrollo*,
16 (2), pp. 66-77.

Evaluación de la germinación y desarrollo de *Capsicum Annuum L. var. Glabriusculum* mediante la fitohormona GA3

Solórzano-Meza José Luis^a,
Balderas-Cortés José de Jesús^b✉,
Maldonado-Escalante Juan Francisco^c,
Padilla-Suja Gabriel Rafael^a y
Rosas-Alba Marina del Rosario^a

^aUniversidad Estatal de Sonora, Academia de Horticultura, 85294 Villa Juárez, Sonora, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón, México.

^cInstituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ciencias del agua y Medio Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

✉jose.balderas@itson.edu.mx

Palabras clave: Chiltepín, fitohormonas, germinación.

Introducción

El chiltepín (*Capsicum annuum L. var. glabriusculum*) es un chile silvestre de tamaño pequeño, del noroeste de México, con gran valor genético, biológico y comercial. Es de gran importancia sociocultural en Sonora ya que se usa en la gastronomía local y nacional (Clark, 2019). Las hormonas vegetales (fitohormonas) son moléculas sintetizadas por la planta que controlan y regulan la gran mayoría de los procesos fisiológicos y bioquímicos como la embriogénesis, la germinación de las semillas, la floración, la

formación del fruto, la caída de las hojas y la senescencia (Porta & Jiménez-Nopala, 2019). En México existen muy pocos estudios sobre el uso de reguladores de crecimiento en cultivos de chile chiltepín en la germinación y el desarrollo de plántulas, esto puede ser un cambio favorable para mejorar la calidad de futuros cultivos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación de semillas de *Capsicum annuum L. var. Glabriusculum*, crecimiento radicular y de tallo, mediante el uso de la giberelina GA3, en Benito Juárez, Sonora.

Metodología

La selección de las semillas se llevó a cabo en el campo experimental hortícola de la Universidad Estatal de Sonora, seleccionando los frutos maduros, rojos y de mejor tamaño de las plantas que se encuentran en la unidad académica. Después de obtener los frutos, las semillas fueron separadas, secadas a temperatura ambiente y posterior desinfección en hipoclorito de sodio al 10% durante 30 minutos se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar para inmediatamente proceder a realizar la siembra, en sustrato Berger BM2. Se llevaron a cabo tres tratamientos, con una n=30 cada uno, se regaron diariamente con GA3 en las siguientes concentraciones: T1 a 1 mg/L; T2 a 2 mg/L; T3 a 3 mg/L y su respectivo control, durante un periodo de 20 días. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el programa Statgraphics 5.1.

Resultados y discusión

Se observa en la Figura 1, el porcentaje de germinación más alto para el T3, con un 86% de germinación; un 80% para el T2; 73% para el T2 y un 70% para el control. Si comparamos el trabajo con Beltrán *et al.* (2020), se tiene que

obtuvo un 85% de germinación con inmersión en GA, siendo los resultados muy similares; González *et al.* (2015) obtuvo 86% de germinación con una combinación de giberelinas y otras fitohormonas vegetales, coincidiendo con los resultados anteriormente descritos. En la Tabla 1 se puede observar que el mayor crecimiento radicular se obtuvo en el T1 y el mayor crecimiento de tallo fue del T2, por lo que, a mayor concentración, aunque aumenta el porcentaje de germinación, se ven afectados el crecimiento radicular y del tallo. En comparación con Beltrán *et al.* (2020), podemos observar que obtuvo raíces que van de 0.72 a 1.66 cm en 4 semanas, y en el presente trabajo, raíces promedio de 7.57 cm en 20 días.

Tabla 1. Media y desviación estándar del crecimiento vegetativo de *Capsicum annum L. var. Glabriusculum*

	*Raíz	*Tallo
C	6.28±1.76	2.35±0.28
T1	7.57±0.80	4.07±0.70
T2	6.89±1.16	5.72±0.75
T3	6.78±1.05	5.3±1.17

*Las unidades son en centímetros; C= Control; T1 (Tratamiento 1); T2 (Tratamiento 2); T3 (Tratamiento 3).

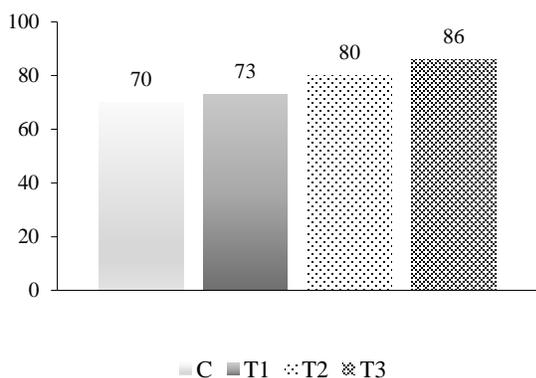


Figura 1. Porcentaje de germinación de *Capsicum annum L. var. Glabriusculum*

Conclusiones

Se concluye que el tratamiento con mejor germinación de semillas es el T3 con un 86% de germinación, siguiéndolo en porcentaje el T2 con un 80% de germinación y mayor crecimiento de tallo, por lo que pudiera considerarse el mejor tratamiento, por las ventajas que da su mejor desarrollo como plántula.

El mejor crecimiento radicular fue el T1, por lo que pudiera tenerse en cuenta a consideración personal para la reproducción de plántulas con mayor capacidad de adaptación y absorción de nutrientes, por las ventajas de tener mejor raíz que los demás.

Referencias

- Beltrán-Burboa, J. N., López-Peralta, M. C. G., Hernández-Meneses, E., & Cruz-Huerta, N. (2020). Germinación in vitro de chile chiltepín (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) y regeneración por organogénesis. *Agrociencia*, 54(2), 195-208.
- Clark, R. (2019). Identificación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) asociadas al suelo del chiltepín silvestre (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) en cuatro municipios del estado de Sonora. Tesis de maestría. Universidad de Sonora. <http://hdl.handle.net/20.500.12984/6631>
- González-Cortés, N., Jiménez Vera, R., Guerra Baños, E. C., Silos Espino, H., & Payro de la Cruz, E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE11), 2211-2218.

Porta, Helena, & Jiménez-Nopala, Gladys.
(2019). Papel de las hormonas vegetales
en la regulación de la autofagia en
plantas. TIP. Revista especializada en
ciencias químico-biológicas, 22, e160.
Epub 04 de marzo de 2020.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723>
e.2018.0.160

Síntesis de nanopartículas de plata con NaBH₄ y su efecto antifúngico en *saprochaete capitata*

Buelna-Ceceña José Alfredo^a,
Castro-López Mariana Paulina^a✉,
Martínez-Macias María del Rosario^a y
Arias-Martínez Joel^a

^aUniversidad de Sonora, Campus Cajeme.
Departamento de Ciencias Biológicas y de la
Salud. 85199 Ciudad Obregón, Sonora,
México.

✉a220201836@unison.mx

Palabras clave: Nanopartículas,
antimicrobiano, levaduras, sensibilidad

Introducción

La creciente resistencia de las especies fúngicas patógenas a los antifúngicos convencionales ha impulsado la búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas. Las nanopartículas de plata (AgNp's) tienen aplicaciones médicas potenciales en áreas como la bioimagen, la biodetección, y en tratamientos contra microorganismos y cáncer (Pryshchepa *et al.*, 2020). Sin embargo, aunque los estudios sobre el efecto de las AgNPs en bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Xuan *et al.*, 2018) son abundantes, la investigación sobre su acción antifúngica contra especies menos comunes, como *Saprochaete capitata*, sigue siendo escasa. *Saprochaete capitata* es un hongo patógeno oportunista que ha ganado relevancia debido a su resistencia a los antifúngicos y para causar infecciones graves en pacientes inmunocomprometidos. La hipótesis de este

estudio es que las AgNPs mostrarán una capacidad inhibitoria significativa sobre el crecimiento de *S. capitata*, lo que proporciona una alternativa terapéutica efectiva para las infecciones causadas por este hongo.

Metodología

Las nanopartículas de plata fueron sintetizadas mediante un proceso de reducción química utilizando borohidruro de sodio (NaBH₄) y nitrato de plata (AgNO₃). Se preparó una solución de borohidruro de sodio 0.02 M, pesando 0.07 g de este compuesto y disolviéndolo en 100 mL de agua desionizada. Paralelamente, se preparó una solución de nitrato de plata 0.01 M, pesando 0.017 g y diluyéndola en 10 mL de agua desionizada. La solución de borohidruro de sodio se calentó a 80°C bajo agitación constante, y una vez alcanzada esta temperatura, se le añadieron 5 mL de la solución de nitrato de plata. La reacción se mantuvo durante 15 min. Posteriormente, las nanopartículas obtenidas se observaron mediante un barrido de longitudes de onda 200 a 800 nm, utilizando espectrofotometría UV-Vis. Para la evaluación antifúngica, se prepararon 100 mL de medio de cultivo agar Dextrosa-Sabouraud, fueron esterilizados a 120°C y 15 psi, por 15 min, el medio estéril fue colocado en placas de Petri, en los que se mezclaron diferentes volúmenes de la suspensión de nanopartículas de plata (15 mL y 20 mL) con 20 mL de agar. Posteriormente, se sembraron las cepas fúngicas *Saprochaete capitata* y *Candida tropicalis* en las placas, incubándolas durante 48 h a 37°C. La inhibición del crecimiento se evaluó visualmente.

Resultados y discusión

Como resultados importantes, se observa una

elevación en el inferograma a 400 nm (Figura 1), comportamiento utilizado en la identificación por resonancia de la presencia de nanopartículas de plata (Venkatesham *et al.*, 2012).

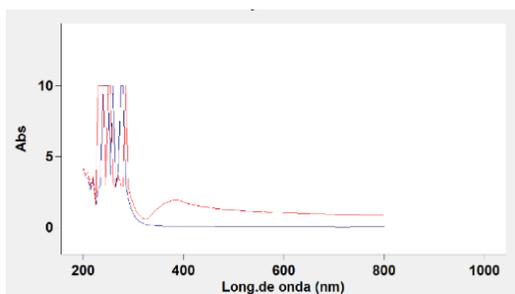


Figura 1. Inferograma desde 200-800 nm de nanopartículas de plata



Figura 2. Crecimiento de *C. tropicalis* (izquierda) y *S. capitata* (derecha)

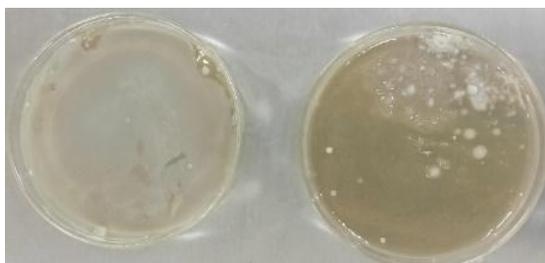


Figura 3. Crecimiento de *C. tropicalis* (izquierda) y *S. capitata* (derecha)

Evaluando la actividad antifúngica de las AgNPs fueron utilizados los hongos *S. capitata* y *C. tropicalis* (Ver Figura 2 y Figura 3). Como se puede observar en la Figura 2, en las cajas Petri preparadas con 15 mL de nanopartículas de plata, el crecimiento de *C.*

tropicalis se inhibió en un 93.6%, y *S. capitata* presentó una nula inhibición de acuerdo con la muestra control.

En la Figura 3, adicionándosele 20 mL de nanopartículas de plata, *C. tropicalis* se inhibió en 99.9%, y *S. capitata* se inhibió en 68.5%. *S. capitata* demostró ser más resistente a la presencia de nanopartículas de plata a estas mismas concentraciones. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Guerra *et al.* (2020), quienes indicaron una inhibición de 90% en *C. tropicalis* con 25 µg/mL.

Conclusiones

Las nanopartículas de plata (AgNPs) sintetizadas en este estudio, demostraron una alta efectividad antifúngica, obteniendo inhibición en el crecimiento de *Candida tropicalis* y en menor medida en hongo *Saprochaete capitata*. Por lo tanto, estas nanopartículas son prometedoras para potenciales aplicaciones como fungicidas o recubrimientos antimicrobianos en la industria alimentaria y médica.

Referencias

- Guerra, J.D., Sandoval, G., Avalos-Borja, M., Pestryakov, A., Garibo, D., Susarrey-Arce, A., Bogdanchikova, N., (2020). Selective antifungal activity of silver nanoparticles: A comparative study between *Candida tropicalis* and *Saccharomyces boulardii*. *Colloid and Interface Science Communications* 37, 100280..
<https://doi.org/10.1016/j.colcom.2020.100280>
- Pryshchepa, O., Pomastowski, P., & Buszewski, B. (2020). Silver nanoparticles: Synthesis, investigation

techniques, and properties. *Advances in Colloid and Interface Science*, 284, 102246.

<https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102246>

Vu, X.H., Duong, T.T.T., Pham, T.T.H., Trinh, D.K., Nguyen, X.H., Dang, V.-S., (2018). Synthesis and study of silver nanoparticles for antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 9, 025019. <https://doi.org/10.1088/2043-6254/aac58f>

Venkatesham, M., Ayodhya, D., Madhusudhan, A. et al. (2014). A novel green one-step synthesis of silver nanoparticles using chitosan: catalytic activity and antimicrobial studies. *Appl Nanosci* 4, 113–119. <https://doi.org/10.1007/s13204-012-0180-y>

Principios bioéticos presentes en la legislación mexicana en materia de cambio climático

Manig-Iñiguez, Agustín^a y
Fariás-Trujillo, Eduardo^b

^aUniversidad Autónoma de Querétaro,
Facultad de Derecho, 76010, Querétaro,
México.

^bUniversidad Autónoma de Querétaro,
Facultad de Filosofía, 76000, Querétaro,
México.

✉ agustin.manig.i@gmail.com

Palabras clave: Cambio climático, bioética,
principios jurídicos, principios bioéticos

Introducción

Tradicionalmente, algunas personas han considerado la bioética como una disciplina que atiende conflictos de valores en un ámbito médico/clínico, visión acuciada por el papel preponderante que posee dentro de la proposición de respuestas a ciertas problemáticas en el rubro clínico: Eutanasia, aborto, voluntades anticipadas, consentimiento informado, entre otros (Mantilla-García, 2022). Perspectivas como la de Fariás-Trujillo & Hall (2020) indican, sin embargo, que situaciones como el deterioro ambiental son afectadas íntimamente por la relación que tiene el ser humano con sus semejantes, su entorno y con otros seres vivos, por lo cual podrían considerarse como “problemas bioéticos”, pues su resolución supone la unión entre los saberes derivados de las ciencias biológicas, o de la vida, y el conocimiento de los propios sistemas morales,

es decir, el saber ético. Como un ejemplo potencial de “problema bioético” se encuentra el cambio climático, fenómeno cuya existencia es definida a partir de modificaciones peligrosas introducidas en el sistema climático por la actividad antropogénica, resultando en pérdidas de biodiversidad y bienestar generalizado (IPCC, 2023). Sin embargo, el papel que ha jugado la disciplina bioética en aproximaciones hacia su tratamiento, a diferencia de ramas científicas como la ecología, no es evidente por sí mismo. El objetivo del presente trabajo es transparentar el rol que posee la bioética dentro de la proposición de soluciones al cambio climático en un nivel nacional, para lo cual se tomarán 13 principios jurídicos propuestos dentro de la legislación mexicana en materia, la Ley General de Cambio Climático (LGCC), para la consolidación de la Política Nacional de Cambio Climático. Estos principios se analizarán para verificar la presencia de elementos bioéticos en su enunciación, lo cual pondrá en evidencia la participación de la bioética en la lucha contra el fenómeno climático.

Metodología

Debido a la falta de precedente para el análisis de elementos bioéticos dentro de principios jurídicos, que los constituyeran también como principios bioéticos, se propusieron los dos siguientes criterios, con base en características fundamentales de la bioética: Primero, reconocer si un principio jurídico ha tenido un origen interdisciplinar (Potter, 1971). En segunda instancia, observar cómo este diálogo entre disciplinas toma en cuenta a las ciencias de la vida y el elemento humano, temas núcleo de la bioética.

La evaluación del estatus bioético de los principios jurídicos se hizo a partir de la verificación de los dos criterios propuestos a través del Esquema de Serre, técnica descrita por González (2005), con las siguientes modificaciones:

La edad de aparición refleja el inicio histórico del principio. En dado caso que la aparición de este como concepto preceda a su uso como principio, y la historia de su génesis sea relevante, se aclarará cada uno en la edad de aparición para los fines del presente estudio.

La edad de reactivación se refiere a su introducción en un nuevo contexto que cambia el sentido de su uso. En el caso de este trabajo, el “nuevo contexto” al que se introduce el principio es homogéneo: La legislación mexicana. Es decir, dentro de esta etapa se describirá la concepción de cada principio según lo encontrado dentro de instrumentos jurídicos mexicanos o relacionados.

La edad de recurrencia revelará la fecundidad del concepto en los campos disciplinares de la ciencia. En el caso de este estudio, para probar tal cualidad, se buscarán definiciones del principio según, por lo menos, dos disciplinas científicas distintas.

De esta manera, el origen y usos del principio, representados por la edad de aparición y la de recurrencia, darán fe de su interdisciplinariedad. La relación con las ciencias de la vida se evaluará a partir de la concepción del principio encontrada en la legislación mexicana, concepción representada en la edad de reactivación.

Los principios por analizar con esta técnica son aquellos descritos en el Art. 26 de la LGCC, los cuales son los siguientes: Sustentabilidad, Corresponsabilidad entre Estado y Sociedad, Precaución, Prevención, Adopción de Patrones de Producción y de

Consumo, Integralidad y Transversalidad, Participación Ciudadana, Responsabilidad Ambiental, Uso de Instrumentos Económicos, Transparencia, Conservación de Ecosistemas, Compromiso con la Economía y Progresividad. Se eligieron estos porque sirven como base para la Política Nacional de Cambio Climático, se usan de referencia en la elección de los principios de las Leyes Estatales de Cambio Climático y dirigen la creación, aplicación y auditoría de medidas contra el cambio climático a nivel federal.

Resultados y discusión

A partir del análisis realizado con el Esquema de Serre, se determinó que 6 de los 13 principios propuestos por la LGCC cumplen con los 2 criterios definidos en el presente estudio para la adjudicación de un estatus bioético, siendo estos la sustentabilidad, prevención, precaución, adopción de patrones de producción y de consumo, responsabilidad ambiental y progresividad. Entre los principios restantes, 3 incumplieron ambos criterios, 2 incumplieron con el criterio de interdisciplinariedad y 2 con el criterio de relación con las ciencias de la vida. Esto demuestra una aproximación equilibrada en los aspectos cubiertos por los principios, los cuales deben proporcionar razones que decanten hacia el uso de una cierta solución jurídica, no sólo en el ámbito ambiental, sino en el social, económico y político.

Se observó que los principios que contienen elementos bioéticos, en su mayor parte, están relacionados con la aplicación directa de las acciones estipuladas para el combate del cambio climático. El principio de prevención, por ejemplo, encuentra su mayor influencia en la creación de medidas de mitigación, dado que promueve la diligencia gubernamental

debida en la regulación de factores de riesgo conocidos, como los contaminantes climáticos de vida corta (SEMARNAT, 2013).

Conclusiones

Considerando la relación existente entre las ciencias de la vida, conflictos de valores y el cambio climático, la existencia de principios que aludan a las 3 para dirigirse a posibles resoluciones, incluso si es en contextos regionales aislados, es un resultado previsible. El hallar a la bioética dentro de los principios que conforman la columna vertebral de la Política Nacional de Cambio Climático, deja en claro que el fenómeno a tratar se encuentra involucrado con la vida en general, solucionarlo requiere reflexionar sobre el propio sistema de valores.

A partir de las bases proporcionadas en este trabajo, se espera que pueda profundizarse en el tema de atribución de un estatus bioético a los principios jurídicos hallados en leyes, ya sea a partir de la diversificación de técnicas utilizadas o en la especificación de los criterios especificados en este trabajo, sin descartar una posible adición o modificación de estos últimos.

Referencias

Farías-Trujillo, E. & Hall, R. (2020). Bioética clínica: Una breve introducción. CDMX: CONBIOÉTICA.

González, F. (2005). ¿Qué es un paradigma? Análisis teórico, conceptual y psicolingüístico del término. *Investigación y Postgrado*, 20(1), 17.

IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II*

and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra: IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>

Mantilla-García, J. C. (2022). Bioética: orígenes y actualidad. *MedUNAB [Internet]*, 25(2), 148-150. <https://doi.org/10.29375/01237047.4494>

Potter, V. R. (1971). *Bioethics: Bridge to the future*. Estados Unidos: Prentice-Hall.

SEMARNAT. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40*. CDMX: SEMARNAT.

Evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde medicados con virginiamicina para producción de carne

*Arrayales-Millan Paulina^{a✉},
Reyes-García Jesús Arturo^a,
Tolano-Camargo Celida Beatriz^a,
Molina-Barrios Ramón Miguel^a y
Hernández-Chávez Juan Francisco^a*

*^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias Agronómicas y
Veterinarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.*

✉paulina.arrayales@itson.edu.mx

Palabras clave: Antimicrobiano, virginiamicina, parámetros productivos, pollos de engorda

Introducción

La evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde bajo la influencia de virginiamicina como adyuvante para la óptima producción de carne abordará los antecedentes, el planteamiento del problema, el objetivo, la justificación, las limitaciones del estudio y las hipótesis. Este estudio busca comprender cómo la virginiamicina afecta el rendimiento avícola, considerando aspectos como el crecimiento, la calidad de la carne y la salud intestinal. Al abordar estas áreas, se espera proporcionar información valiosa para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de carne de pollo. Uno de los principales enfoques de investigación durante la década de 1990 fue el efecto de la virginiamicina en la tasa de crecimiento de los

pollos de engorde. Se llevaron a cabo numerosos experimentos para comparar el crecimiento de pollos alimentados con dietas que contenían virginiamicina con aquellos alimentados con dietas estándar. Los resultados consistentemente demostraron que los pollos que recibían virginiamicina mostraban un crecimiento más rápido en comparación con los controles, lo que sugiere que la virginiamicina tenía un efecto positivo en la tasa de crecimiento de las aves. Los estudios durante esta década demostraron consistentemente que la virginiamicina mejoraba la conversión alimenticia en los pollos de engorde, lo que significa que los pollos podían convertir el alimento en carne con mayor eficacia cuando se les administraba virginiamicina en su dieta (López, 2020). El objetivo del trabajo fue evaluar los parámetros productivos de pollos de engorde utilizando el antimicrobiano virginiamicina como adyuvante en su producción cárnica.

Metodología

Se trabajó con 60 aves organizadas en tres camas, con un grupo 1 como control (sin virginiamicina), grupo 2 con 20 ppm de virginiamicina como dosis recomendada y grupo 3 con 10 ppm de virginiamicina. Con el fin de evaluar la ganancia de peso y conversión alimenticia en función de la dosis de virginiamicina suministrada. Se preparó y acondicionó el galpón para la recepción de los pollos, se utilizó una lámpara de calor para temperar el ambiente. A la recepción de los pollos se introdujeron todos en un mismo espacio para un tiempo de adaptación de dos semanas. Se procedió a dividir la población en 3 grupos y se identificaron de la siguiente manera: *Grupo 1*: Control sin virginiamicina. *Grupo 2 (20 ppm)*: Dosis de virginiamicina

recomendada. *Grupo 3 (10 ppm)*: Dosis baja de virginiamicina. A lo largo del experimento cada semana se llevó a cabo el pesaje de los pollos y diariamente se documentó el alimento consumido.

Resultados y discusión

Los resultados de la primera semana se plasmaron en la Tabla 1 del experimento donde mostraron datos similares en cuanto a la ganancia diaria de peso GDP para los tres grupos. En el resto de los parámetros hubo una leve variación, específicamente el kilogramo por metro cuadrado en el grupo medicado a 10 ppm es mayor que el control por 36 g y 57 g más con respecto al grupo medicado de 20 ppm. El peso promedio del grupo 10 ppm fue 5 g mayor con respecto al grupo con dosis recomendada de virginiamicina (Grupo 20 ppm).

Tabla 1. Parámetros productivos de pollos de la línea Cobb 500 a los 7 días del experimento. (n = 20 aves por grupo)

Parámetros productivos	Grupo control	Grupo 10 ppm	Grupo 20 ppm
GDP. Ganancia diaria de peso (kg)	0.022	0.023	0.023
CA (Conversión Alimenticia)	2.56	2.36	2.38
Kg/m ² (Kilogramo por metro cuadrado)	1.002	1.038	0.981
Peso promedio (kg)	0.477	0.495	0.490

En la tercera semana del experimento los resultados siguieron apuntando al grupo de 10ppm con datos satisfactorios en comparación con el grupo medicado con la dosis de 20 ppm, esto mostrado en la Tabla 2. Por lo que reveló una tendencia clara para el grupo de 10 ppm de virginiamicina como el grupo con mejores parámetros registrados,

teniendo 2 g de diferencia en conversión alimenticia CA respecto al grupo control y 48 gramos más contra el grupo de 20 ppm. De igual manera, el grupo de 10 ppm proyectó 106 g/m² más que el grupo con dosis de 20 ppm, así como 45 g más de peso promedio y hasta 143 g de diferencia con respecto al control.

Tabla 2. Parámetros productivos de pollos de la línea Cobb 500 a los 21 días del experimento. (n = 20 aves por grupo)

Parámetros productivos	Grupo control	Grupo 10 ppm	Grupo 20 ppm
GDP (Ganancia diaria de peso)	0.023	0.028	0.026
CA (Conversión Alimenticia)	2.49	2.95	2.47
Kg/m ² (Kilogramo por metro cuadrado)	1.325	1.519	1.413
Peso promedio (g)	0.682	0.825	0.780

El grupo observado con mayor consumo de alimento fue de igual manera el que recibió una concentración de virginiamicina a 10 ppm (ver Tabla 3). Estos resultados concuerdan con Macuada (1983), quien señala que animales alimentados con antibióticos consumieron una mayor cantidad de alimento.

Tabla 3. Consumo de alimento al final del experimento (kg)

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Consumo total
Cama #1 (Control)	13.434	18.774	9.496	41.704
Cama #2 (20 ppm)	14.476	18.524	12.464	45.464
Cama #3 (10 ppm)	21.368	13.308	12.674	47.350

Los animales en la etapa de crecimiento-ceba ya tienen establecido su ecosistema gastrointestinal y un sistema enzimático desarrollado, sin embargo, los antibióticos

coadyuvantes del crecimiento, así como los aditivos microbianos pueden modificar la composición de este ecosistema y alterar el metabolismo microbiano y del hospedero. (Díaz *et al.*, 2014). El resultado en la conversión alimenticia nos muestra la relación existente entre el consumo de alimento y ganancia de peso, se puede observar que el tratamiento con 10 ppm virginiamicina mostró la mejor conversión alimenticia de 2.76, con respecto al tratamiento con 20 ppm con un promedio de 3.22. Los incrementos anteriores y la disminución de las conversiones pudieran estar asociados, fundamentalmente, a la mejora que pueden ejercer los aditivos en los procesos de digestión y absorción de los nutrientes de la dieta, que a su vez pueden incidir en el comportamiento productivo (Stewart *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2006).

Conclusiones

La virginiamicina puede influir en el estado fisiológico del animal, haciendo que el pollo consuma mayor cantidad de alimento, que a su vez es un factor favorable para el crecimiento y la ganancia de peso vivo en la producción. A pesar de que los resultados no fueron del todo favorables, se puede observar la fluctuación de resultados entre los grupos, destacando como favorables los valores de los dos grupos en los que se utilizó virginiamicina, más específicamente el grupo utilizado a una concentración de 10 ppm. Fue el grupo que mejores resultados obtuvo en este experimento.

Referencias

Chen Y., Min B., Cho H., Kwon O., Son K., Kim H., Kim I. Effects of dietary Bacillus-based probiotic on growth

performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in finishing pigs. Asian-australas. Journal of Animal Science. 2006; 19: 587-592. DOI: <http://doi.org/10.5713/ajas.2006.587>.

Díaz B., Elías A., Valiño E. Consorcios microbianos con actividad ácido-láctica promisorios aislados desde inoculantes bacterianos nativos para ensilajes. Rev. Cien Agri. 2014; 11: 17-25. DOI: <http://doi.org/10.19053/01228420.3484>

López-López, A. (2020). Efecto de la virginiamicina en la producción de carne de pollos de engorde. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 4(2), 87-95.

MACUADA, J. 1983. Efecto de la inclusión de tiamutin- plus y fortigro-s como promotores de crecimiento en raciones para cerdos destetados precozmente. Universidad de Concepción. ChiDan, Chile. 24 p.

Stewart L., Kim B., Gramm, B., Nimmo R., Stein, H. Effects of virginiamycin on the apparent ileal digestibility of amino acids by growing pigs. Journal of Animal Science. 2010; 88: 1718-1724. DOI: <http://doi.org/10.2527/jas.2009-2063>.

Cálculo del NDVI histórico en relación a la expansión urbana de Cd. Obregón (1994-2024)

Ortega-Leyva Jorge De Jesús^{a✉},
Elías González-Castro Francisco Alejandro^a y
Puga-Vega Masuly Guadalupe^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.
✉jorge.ortega220040@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: NDVI, Landsat, imagen satelital, QGIS espectro, reflectancia.

Introducción

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han facilitado el uso de imágenes satelitales para estudios como el cálculo del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) que determina la vigorosidad vegetal a partir de la actividad fotosintética y su estructura foliar (Barrera & Sterling, 2019). En ciudades en desarrollo como Ciudad Obregón la expansión urbana, agrícola e industrial junto con la falta de ordenamiento ecológico pueden generar problemas ambientales como islas de calor y mal uso del suelo. Actualmente, no existen estudios sobre el NDVI histórico en relación con la mancha urbana, a pesar de su importancia para entender cambios en la vegetación y mejorar la gestión territorial. Este proyecto busca identificar cambios en la cobertura vegetal mediante el uso de NDVI, analizando su relación con la expansión urbana y generando una base para una mejor gestión de la ciudad y toma de decisiones.

Metodología

Esta investigación utilizó imágenes satelitales históricas (1994-2024) obtenidas cada 5 años a través de Landsat, mediante la plataforma Earth Explorer del Servicio Geológico de EE.UU. Dado que no existían vectores de manchas urbanas para cada año, se generaron manualmente a partir de las imágenes satelitales. El procesamiento de las imágenes se realizó con QGIS, calculando el NDVI con las bandas de espectro rojo e infrarrojo cercano mediante la fórmula " $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ ", metodología descrita por Kriegler *et al.* (1969). Los valores de NDVI, que van de -1 a 1, fueron interpretados como menor o mayor vegetación de acuerdo a Peña & Castellanos (2013). En cuanto a los resultados se reclasificaron según Barrera & Sterling (2019) en: No vegetales (<-0.01), Tierra desnuda (-0.01 a 0.15), Vegetación dispersa (0.15 a 0.25), Vegetación abierta (0.25 a 0.40) y Vegetación cerrada (>0.40).

Resultados y Discusión

Los resultados muestran una disminución del NDVI a lo largo del periodo estudiado (Figura 1).

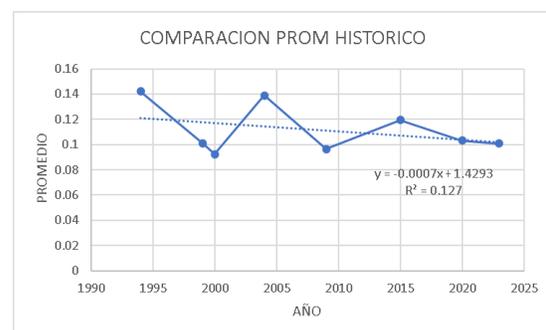


Figura 1. Promedio histórico de NDVI

En cuanto a la cobertura del suelo, en 2024 se observaron cambios respecto a 1994: -0.20% en zonas no vegetales, +0.75% en tierra

desnuda, + 1.99% en vegetación dispersa, - 2.78% en vegetación abierta y -0.38% en vegetación cerrada (Figura 2). Las principales mejoras en el NDVI se observan en la calle 300, boulevard Ramírez, Laguna del Náinari, Providencia y partes del parque industrial. En contraste, los mayores descensos del índice se registran en las colonias Villas del Real, Prados del Tepeyac, el parque industrial y la zona norte de la ciudad, estos resultados se muestran en la Figura 3.

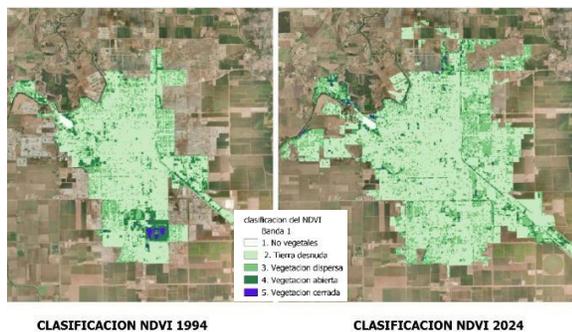


Figura 2. Clasificación de NDVI

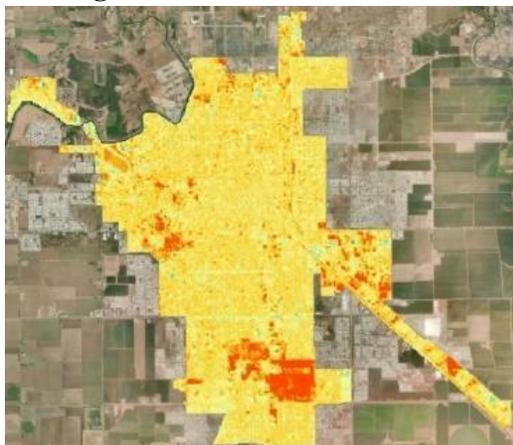


Figura 3. Resta NDVI de 2024 y 1994

Conclusiones

El cálculo del NDVI reveló una tendencia negativa en las áreas verdes de Cd. Obregón, con un aumento en las categorías de tierra desnuda y vegetación dispersa. Se recomienda comenzar con una reforestación en las colonias Centro, Valle Dorado, Primero

de Mayo, así como la calle 200 y la zona del parque industrial. Esto debido a que los valores de NDVI son mínimos por lo que realizar una reforestación o estudios de suelo y agua de las diferentes zonas sería adecuado para una evaluación integral, por otro lado, estas zonas serían candidatas a la construcción de parques y áreas verdes debido a sus bajos niveles de cobertura vegetal.

Referencias

- Barrera, R. K. P., & Sterling, E. C. (2019). Análisis del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) en la zona oriente del departamento del Tolima. <http://repositorio.unibague.edu.co:80/jspui/handle/20.500.12313/1250>
- Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W. (1969). Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. *Remote Sens Environ* VI:97–132.
- Peña, L., & Castellanos, A. (2013). Tendencias del Índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI) en el estado de Sonora. Implicaciones potenciales sobre el sector pecuario en el contexto del cambio climático. En (pp. 245-283). ISBN 978-607-9224-80-6. <https://www.researchgate.net/publication/n/304012705>

Concentración de arsénico en sedimento superficial marino de un sitio Ramsar, Bahía de Lobos, Sonora

Maldonado-Escalante Juan Francisco^{a✉},
Serrano-Palacios Denisse^a,
Díaz-Quiroz Carlos Abraham^b,
Solorzano-Meza José Luis^c y
Balderas-Cortés José de Jesús^c

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

^cUniversidad Estatal de Sonora, Academia de
Horticultura. CP 85254. Villa Juárez, México
✉juan.maldonado6935@potros.itson.mx

Palabras clave: Arsénico, sedimento, química ambiental

Introducción

Las áreas marinas protegidas son herramientas clave para alcanzar los objetivos de la ODS 14: Vida submarina, ya que contribuyen directamente a la conservación y el uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos. Sin embargo, los estuarios marinos son una importante fuente y sumidero de contaminantes (Vermeiren *et al.*, 2016). El arsénico (As) es un metal pesado altamente tóxico, que se transporta en la columna de agua, se acumula en sedimentos y se biomagnifica a través de la cadena alimentaria, lo que genera riesgos ecológicos notables para

los organismos bentónicos, los peces y los seres humanos (Zhuang & Gao, 2015). El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de As en sedimento marino de Bahía de Lobos.

Metodología

Bahía de Lobos (sitio Ramsar) se encuentra al sur del estado de Sonora, en la costa del Golfo de California. Se seleccionaron 15 puntos y se tomaron 3 muestras de los primeros 5 cm de sedimento de cada punto. Las muestras se llevaron a sequedad para posteriormente ser procesadas con el método EPA 3050B y finalmente se leyeron en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica para As (Agilent 240 FS, acoplado a generador de hidruros). Se realizó el índice de geoacumulación (Igeo) para evaluar el grado de contaminación por As del sedimento con la Ecuación 1.

$$I_{geo} = \log_2 [C_i / (1.5 C_{ri})] \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde C_i es la concentración de As en el sedimento (mg/kg) y C_{ri} es la concentración de referencia para el As en sedimento. El índice de geoacumulación consta de siete clases: $I_{geo} \leq 0$ (clase 0, prácticamente no contaminado); $0 < I_{geo} \leq 1$ (clase 1, no contaminado a moderadamente contaminado); $1 < I_{geo} \leq 2$ (clase 2, moderadamente contaminado); $2 < I_{geo} \leq 3$ (clase 3, moderadamente a muy contaminado); $3 < I_{geo} \leq 4$ (clase 4, muy contaminado); $4 < I_{geo} \leq 5$ (clase 5, muy a extremadamente contaminado); $5 < I_{geo}$ (clase 6, extremadamente contaminado).

Resultados y discusión

Como se puede ver en la Tabla 1 el promedio de la concentración de As en sedimento de las muestras analizadas fue de 5.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y la mínima y máxima de 3.69 y 7.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$,

Tabla 1. Concentración de As (promedio \pm desviación estándar) y el Igeo en los puntos de sedimento analizados

Punto de muestreo	As ($\mu\text{g/ kg}$)	Igeo	Igeo clase
1	4.93 \pm 1.53	1.7	Clase 2, moderadamente contaminada
2	5.12 \pm 1.14	1.8	Clase 2, moderadamente contaminada
3	3.82 \pm 1.33	1.3	Clase 2, moderadamente contaminada
4	4.94 \pm 1.60	1.7	Clase 2, moderadamente contaminada
5	3.69 \pm 1.40	1.3	Clase 2, moderadamente contaminada
6	4.32 \pm 1.34	1.5	Clase 2, moderadamente contaminada
7	4.73 \pm 1.20	1.7	Clase 2, moderadamente contaminada
8	5.42 \pm 2.10	1.9	Clase 2, moderadamente contaminada
9	5.32 \pm 1.87	1.8	Clase 2, moderadamente contaminada
10	4.90 \pm 2.03	1.7	Clase 2, moderadamente contaminada
11	7.26 \pm 2.94	2.3	Clase 3, moderadamente a muy contaminado
12	7.89 \pm 2.31	2.4	Clase 3, moderadamente a muy contaminado
13	5.79 \pm 1.87	1.9	Clase 2, moderadamente contaminada
14	5.45 \pm 1.16	1.9	Clase 2, moderadamente contaminada
15	7.45 \pm 2.54	2.3	Clase 3, moderadamente a muy contaminado
promedio	5.40 \pm 1.70	1.8	Clase 2, moderadamente contaminada

respectivamente, muy similares a lo reportado por García-Rico *et al.* (2003). Por otro lado, para el Igeo los valores promedio, mínimo y máximo fueron de 1.8, 1.3 y 2.4 respectivamente. El 80% de los puntos muestreados se consideran clase 2 (moderadamente contaminada) y el 20% restante clase 3 (moderadamente a muy contaminada).

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que el sedimento de Bahía de Lobos presenta contaminación por As, con una concentración promedio de 5.40 $\mu\text{g/kg}$. Estos hallazgos son coherentes con investigaciones previas, y debido a la importancia ecológica de los sitios Ramsar, es fundamental continuar monitoreando los niveles de As para desarrollar estrategias de mitigación de riesgos ambientales.

Referencias

García-Rico, L., Wilson-Cruz, S., Frasquillo-Félix, M. C., & Jara-Marini, M. E.

(2003). Total metals in intertidal surface sediment of oyster culture areas in Sonora, Mexico. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 70(6), 1235-1241. <https://doi.org/10.1007/s00128-003-0114-1>

Vermeiren, P., Muñoz, C. C., & Ikejima, K. (2016). Sources and sinks of plastic debris in estuaries: a conceptual model integrating biological, physical and chemical distribution mechanisms. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.002>

Zhuang, W., & Gao, X. (2015). Distributions, sources and ecological risk assessment of arsenic and mercury in the surface sediments of the southwestern coastal Laizhou Bay, Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 320-327.

Rugosidad en recubrimientos orgánicos anticorrosivos

Urias-Mercado Oscar Manuel^a,
Sánchez-Duarte Reyna Guadalupe^a✉,
Villegas-Peralta Yedidia^a,
Aguilar-Ruiz Ana Alejandra^a,
Correa-Murrieta Ma. Araceli^a

^aDepartamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 85000 Ciudad Obregón Sonora, México
✉reyna.sanchez1837140@potros.itson.mx

Palabras clave: Corrosión, recubrimiento, rugosidad, quitosano, polivinilbutiral, polietilenglicol

Introducción

La corrosión es un proceso que degrada materiales metálicos por la interacción con su entorno, generando riesgos ambientales, económicos y de salud; para mitigar este fenómeno se utilizan recubrimientos los cuales actúan como una barrera física entre el metal y los agentes corrosivos (López, 2020), aquellos recubrimientos de mayor interés son los de origen orgánico y uno de los componentes que se ha estudiado recientemente es el quitosano (Qui), ya que este posee propiedades biocompatibles, biodegradables y anticorrosivas, además materiales como el polivinilbutiral (PVB) y el polietilenglicol (PEG) pueden conferir sus propiedades y modificar parámetros como adhesión, densidad, hidrofobicidad, resistencia mecánica y rugosidad siendo este último el cual pueda afectar de manera considerable al desempeño del Qui, ya que aumenta el área de contacto

con el medio corrosivo, haciendo que el recubrimiento presente desgaste con mayor facilidad, además de poder suponer la cobertura del sustrato (Motlaetle *et al.*, 2022). Por lo anterior, este trabajo tiene por objetivo conocer la rugosidad del sustrato y del recubrimiento para determinar el área de contacto con el medio corrosivo y la adhesión con el material.

Metodología

Se realizó la preparación de 3 soluciones, la primera (Sol 1) de 0.375 g de Qui en 50 mL de ácido acético (AA) al 2%, la segunda (Sol 2) con 0.375 g de Qui y 0.125 g de PEG en 50 mL de AA al 2% y la tercera (Sol 3) con 0.375 g de PVB en 50 mL de metanol al 99.9% las cuales se dejan reposar por 24 h. El sustrato se sometió a un pretratamiento para eliminar impurezas por medio de lijado y baño ultrasónico. Con las 3 soluciones y el sustrato preparado, se utilizó la técnica capa por capa para recubrir el sustrato utilizando un equipo Dip Coater para aplicar los recubrimientos. El recubrimiento 1 consistió en: Sol 3/ Sol 1/ Sol 3, y el recubrimiento 2: Sol 3/ Sol 2/ Sol 3; para la Sol 1 y Sol 2; se utilizó una velocidad de inmersión (VI) de 1.533 mm/s y una velocidad de extracción (VE) de 1.533 a 0.533 mm/s por 3 ciclos y se dejó secar en un horno a 60°C por 4 h, para la Sol 3 se utilizó una VI de 5.533 mm/s y una VE de 4.533 a 3.533 mm/s con un secado final de 15 min a temperatura ambiente (García *et al.*, 2017; Aguilar *et al.*, 2023; Motlaetle *et al.*, 2022). Con los sustratos recubiertos listos se realizó el análisis de la rugosidad por triplicado con un microscopio de fuerza atómica (AFM-Workshop CS-3230) con el método propuesto por Aguilar *et al.* (2023).

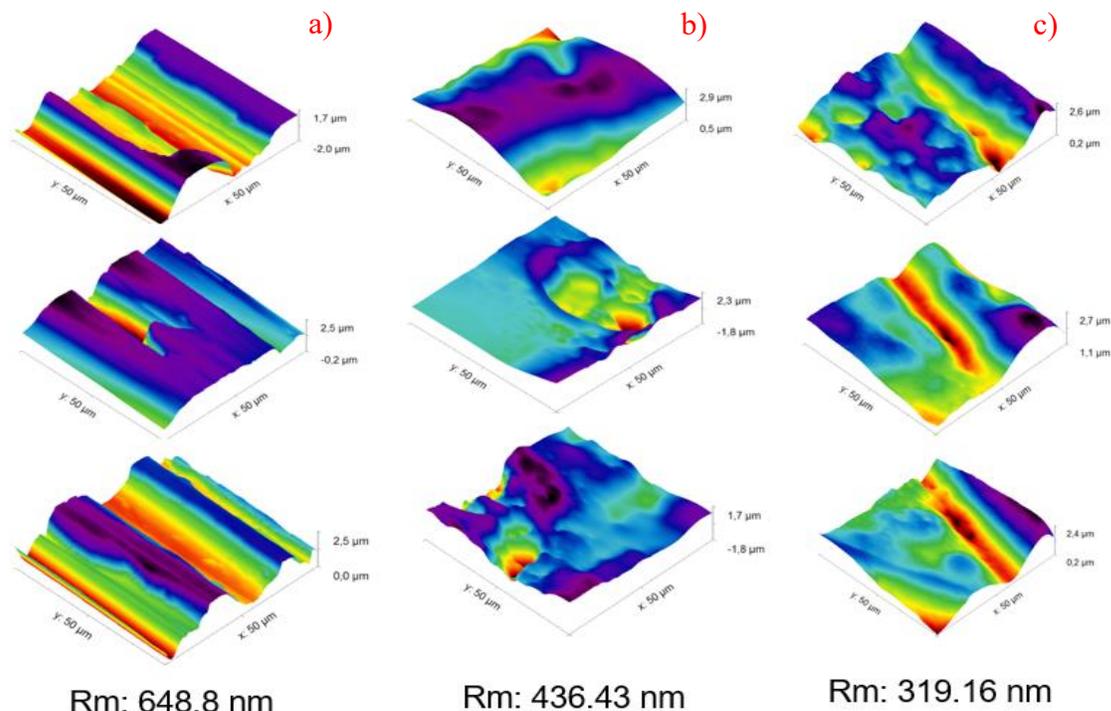


Figura 1. Micrografía por AFM 3D: a) Sustrato, b) Recubrimiento Qui / PVB, c) Recubrimiento Qui + PEG / PVB

Resultados y discusión

Se obtuvieron los resultados del AFM para la rugosidad como se puede apreciar en la Figura 1a para el sustrato si n recubrir se obtuvo una rugosidad media de 648.8 nm \pm 238.31, en la Figura 1b el recubrimiento de Qui/PVB se obtuvo una rugosidad de media de 436.43 nm \pm 18.64 y en la Figura 1c para el recubrimiento de Qui + PEG/PVB una rugosidad media de 319.16 nm \pm 35.7, estos resultados arrojan diferencias significativas en los valores de rugosidad en el sustrato, en base a la disminución de rugosidad presentada en el sustrato se puede inferir que el recubrimiento se ha depositado en las ranuras del sustrato lo cual sugiere una buena adhesión del recubrimiento (Qui + PEG/PVB) en el sustrato.

De acuerdo con lo reportado por Stoyanova *et al.* (2021); López (2020), la rugosidad debe ser mayor en el área del sustrato sin recubrimiento,

y disminuir en la medida que el recubrimiento penetra en las rugosidades del sustrato suponiendo así la correcta adherencia del recubrimiento en el sustrato de manera homogénea; por lo que, para el sustrato con recubrimiento, la rugosidad debe presentar valores menores al del sustrato sin recubrimiento, ya que de esta manera se evita la incrustación de material corrosivo. Autores como García *et al.* (2017); Stoyanova *et al.* (2021) reportaron en sustratos de acero inoxidable rugosidades medias de 700 nm y 500 nm respectivamente con una buena adhesión, y valores de 300 nm y 250 nm de rugosidad que disminuyen incrustaciones.

Conclusiones

Los resultados podrían indicar que la rugosidad si tiene una influencia significativa en la aplicación de recubrimientos orgánicos. Para mejorar la adherencia del recubrimiento,

se sugiere aumentar la rugosidad en el área de contacto del sustrato. Para definir que se tiene una buena adhesión del recubrimiento en el sustrato, la rugosidad exterior del recubrimiento debe ser al menos la mitad de la rugosidad del sustrato sin recubrir, además con esto se previenen las incrustaciones y se reduce el desgaste. Por lo anterior, se propone aplicar más capas de recubrimiento buscando homogeneizar la superficie y minimizar la rugosidad, con el fin de maximizar la vida útil del recubrimiento y del material.

Referencias

- Aguilar-Ruiz, A. A., Dévora-Isiordia, G. E., Sánchez-Duarte, R. G., Villegas-Peralta, Y., Orozco-Carmona, V. M., & Álvarez-Sánchez, J. (2023). Chitosan-Based Sustainable Coatings for Corrosion Inhibition of Aluminum in Seawater. *Coatings*, *13*(9), 1615. <https://doi.org/10.3390/coatings13091615>
- García Rueda, F. C., Peña Ballesteros, D. Y., & Estupiñán Durán, H. A. (2017). Comportamiento morfológico y electroquímico de un recubrimiento Dip Coating policaprolactona-quitosano-colágeno sobre Ti6Al4V. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, *38*(1), 54-75. <https://doi.org/10.17488/rmib.38.1.4>
- López Moreno, A. (2020). *Sustitución con níquel químico: Una visión global* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). <http://hdl.handle.net/2117/341266>
- Stoyanova, D., Stambolova, I., Shipochka, M., Boshkova, N., Simeonova, S., Grozev, N., & Boshkov, N. (2021). Protective Efficiency of ZrO₂/Chitosan “Sandwich” Coatings on Galvanized Low-Carbon Steel. *Coatings*, *11*(9), 1103. <https://doi.org/10.3390/coatings11091103>
- Motlatle, A. M., Ray, S. S., Ojijo, V., & Scriba, M. R. (2022). Polyester-based coatings for corrosion protection. *Polymers*, *14*(16), 3413. <https://doi.org/10.3390/polym14163413>

Efecto de las condiciones de grabado químico en la estructura superficial del aluminio

Sánchez-Duarte Reyna Guadalupe^a,
Aguilar-Ruiz Ana Alejandra^a✉,
Preciado-Magaña Claudia Berenice^a,
Álvarez -Sánchez Jesús^a,
Aguilar-Ruiz Ana Luisa^a y
Aguilar-Ruiz Rocio Janeth^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.
✉ana.aguilar111695@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Grabado químico, aluminio 3003, NaOH, ángulo de contacto, corrosión

Introducción

El grabado químico es una técnica crucial para mecanizar materiales metálicos, permitiendo la producción de componentes con alta precisión dimensional. Históricamente el proceso de grabado químico ha sido asociado con condiciones peligrosas debido a vapores ácidos liberados durante el proceso, sin embargo, los avances recientes han facilitado el uso de soluciones alcalinas y neutras más seguras (Alonso, 2008). El grabado químico corroe la superficie del material de manera controlada para crear microestructuras en su superficie, mejorando la capacidad de deposición y adherencia de recubrimientos protectores y, por ende, aumentando la resistencia a la corrosión. La falta de claridad en la relación entre los parámetros de tratamiento y las propiedades superficiales del aluminio genera una brecha en el conocimiento que esta investigación pretende

llenar, contribuyendo así a la eficiencia y aplicabilidad de este proceso en aplicaciones industriales y de investigación. El presente estudio se centra en el aluminio 3003, utilizando NaOH (hidróxido de sodio) como agente de grabado y la exploración los efectos de la variación en la concentración del agente de grabado y el tiempo de exposición en la microestructura superficial y la hidrofobicidad del sustrato (Huang *et al.*, 2015). La investigación emplea la determinación del ángulo de contacto para evaluar la hidrofobicidad.

Metodología

El proceso de grabado consistió en dos pasos principales: primero, se llevó a cabo la limpieza del metal para remover grasas, aceites, óxidos y otros contaminantes presentes en la superficie, y segundo, el grabado o exposición de las placas de aluminio al agente de grabado (Çakir, 2008). La limpieza de las placas se llevó a cabo mediante un proceso de lijado en donde se eliminaron bordes y/o excesos en la superficie de la placa, para el segundo paso se realizó un lavado ultrasónico con acetona a 1000 ppm con la finalidad de eliminar residuos dejados durante el proceso de lijado. Finalmente, se expusieron las placas al NaOH a concentraciones de 1M, 0.5M, 0.1M y 0.01M en tiempos de 5, 3 y 1 min para cada concentración. Una vez transcurrido el tiempo de exposición, las placas fueron retiradas y lavadas con abundante agua destilada. Consecuentemente, las placas fueron secadas y guardadas (Çakir, 2008). Las placas tratadas fueron analizadas mediante la determinación del ángulo de contacto a partir de análisis de mojabilidad (Figura 1) en un proceso de goteo controlado sobre la superficie de estudio obteniéndose el

ángulo de la gota de agua depositada sobre la superficie.

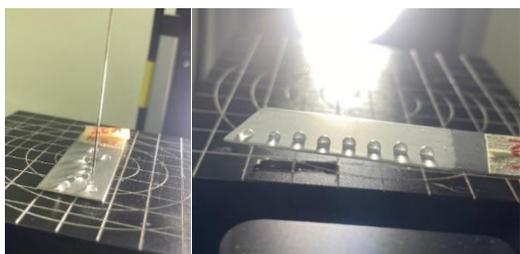


Figura 1. Estudio de mojabilidad

Resultados y discusión

Los ensayos revelaron que el aluminio 3003 exhibe un comportamiento notablemente hidrofóbico presentado en la Tabla 1, con ángulos de contacto que alcanzan hasta 134° a una concentración 1M en tiempos de 3 minutos de exposición. Este comportamiento hidrofóbico fue más pronunciado en comparación con lo reportado para otros metales, como el acero, que requiere tiempos de contacto significativamente más largos para obtener resultados similares. A concentraciones de 1M y 0.1M con tiempos de exposición de 10 min en el medio alcalino (NaOH), los resultados de rugosidad y ángulo de contacto demuestran ser óptimos para la adherencia de recubrimientos. Lo que podría sugerir que estas condiciones pueden ser particularmente efectivas para el desarrollo de microestructuras que favorezcan procesos adhesivos de recubrimientos.

Tabla 1. Dosis y pH óptimo para las vinazas crudas y tratadas

Vinazas	Dosis	pH	Remoción de turbidez (%)
Crudas	342.89	8.74	66.25
Tratadas	71.43	9.04	70.08

Por otra parte, teniendo en consideración que una superficie moderadamente hidrofóbica, en lugar de superhidrofóbica, proporciona una adherencia superior de recubrimientos, favoreciendo la atracción entre sustrato recubrimiento, los resultados obtenidos son especialmente alentadores ya que en superficies que no pueden ser mojadas con facilidad incidiendo directamente en la efectividad del sustrato para ser recubierto (Hu *et al.*, 2019; Salema *et al.*, 2012)

Conclusiones

Esta investigación ha encontrado que una concentración de 0.01 M en el tratamiento con NaOH genera ángulos de contacto comparables a los valores óptimos reportados en bibliografía mediante el uso de ácidos tóxicos y temperatura, ofreciendo una alternativa potencialmente más económica y eficiente para el grabado químico del aluminio. Se prevé realizar análisis de microscopía estructural y pruebas de adherencia para reforzar resultados obtenidos.

Referencias

- Alonso, F. L. (2008). El aluminio y su aplicación al grabado. *Studium: Revista de humanidades*, (14), 329-349.
- Hu, Y., Yuan, B., Cheng, F., & Hu, X. (2019). NaOH etching and resin pre-coating treatments for stronger adhesive bonding between CFRP and aluminium alloy. *Composites Part B: Engineering*, 178, 107478.
- Huang, Y., Sarkar, D. K., & Chen, X. G. (2015). Superhydrophobic aluminum alloy surfaces prepared by chemical etching process and their corrosion

resistance properties. *Applied Surface Science*, 356, 1012-1024.

Evaluación de yeso agrícola, micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)

Virgen Velázquez Jorge Luis^{a✉} y
Gutiérrez- Coronado Marco Antonio^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉jorge.virgen@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, yeso agrícola, nutrición vegetal

Introducción

México es considerado uno de los principales 10 países productores de tomate (*Solanum lycopersicum*) colocándose como el séptimo productor a nivel internacional del vegetal (SIAP, 2024). En los últimos años se ha visto mermado el rendimiento y calidad del cultivo de tomate, en la región del Valle, del Yaqui, Sonora, México, debido a la salinidad y pH presentes en los suelos, que se han visto afectados por las malas prácticas agrícolas que se llevan a cabo, así como también a la mala calidad del agua provenientes de pozos que se utilizan para regar el cultivo (Caviedes, 2020). La implementación de mejoradores de suelos, como es el yeso agrícola en combinación con micronutrientes (hierro, cobre, zinc, manganeso), otorgará una correcta nutrición vegetal, reduciendo la salinidad del suelo relacionada con el sodio (Leal-Almanza *et al.*, 2018). Además, los ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF) tienen la capacidad de

incrementar la actividad microbiana del suelo aportando materia orgánica que sirve, como alimento para tener un correcto desarrollo y simbiosis con la planta para mejorar la retención de humedad formando agregados más estables, aumentando la absorción de nutrientes y ayudando a reducir la lixiviación de diferentes elementos, además de promover un mayor flujo de gases que ocupan las raíces de las plantas, creando mayor porosidad entre los horizontes del suelo que ayuden a la infiltración del agua y un correcto desarrollo radicular (Salvatierra & Tobias, 2024). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del yeso agrícola con micronutrientes + (AH) y (HF), aplicado vía edáfica en el cultivo de tomate, bajo condiciones de invernadero mediante variables de calidad en la fruta además de análisis nutrimentales de hoja, para incrementar la calidad y productividad en el cultivo.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en una empresa local productora de tomate ubicada en el block 914 del Valle del Yaqui, Sonora, México, en el ciclo invierno 2023 - verano 2024, en el cultivo de tomate tipo Saladette, en un suelo arcilloso, con un pH de 7.9 en una región árida. Constó de 5 tratamientos (T), T1 25 kg de yeso agrícola + micronutrientes, T2 50 kg de yeso agrícola + micronutrientes, T3 25 kg de yeso + micronutrientes + AH y AF, T4 50 kg de yeso + micronutrientes + AH y AF y el T5 (testigo). El producto se aplicó una semana antes del trasplante de la plántula en campo, vía edáfica. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar donde cada tratamiento constó de 4 repeticiones. Las

variables medidas fueron: el contenido nutrimental de las hojas mediante un espectrofotómetro (HACH), grados brix utilizando un refractómetro modelo (RHB-32), acidez titulable obteniendo el % de ácido málico de acuerdo con la técnica de acidez titulable, firmeza del fruto mediante un penetrómetro modelo (FT-10 Wagner-Instruments), rendimiento y pérdida de peso del fruto utilizando una báscula.

Resultados y discusión

La aplicación de los tratamientos aumentó el rendimiento significativamente siendo el tratamiento T4 el que obtuvo mayor incremento con 46% y el T2, con 28.2% de aumento. En el número de frutos el T4, fue el que obtuvo mayor diferencia significativa con 40.6% de incremento. En los grados brix se obtuvieron valores esperados para tomate, sin verse afectada significativamente esta variable, con la aplicación de los tratamientos, teniendo un correcto desarrollo fisiológico de los frutos, contribuyendo a una correcta maduración. La penetración del fruto fue

afectada positivamente teniendo diferencias significativas siendo el T4, con 6.7 kg/f de firmeza. El contenido de acidez fue afectado significativamente siendo el T4 el mejor (Tabla 1), sin afectar los valores normales del fruto. El contenido nutrimental en las hojas de la planta fue significativamente afectado, siendo el T4 con el mejor estado nutricional del cultivo (ver Tabla 2).

Conclusiones

La aplicación de los tratamientos con yeso agrícola con micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos, afectó positivamente las variables del rendimiento y la calidad del cultivo de tomate. Como resultado, se observaron mejoras significativas en el número de frutos por planta, además de un aumento en el rendimiento y una mayor vida de anaquel, relacionada con la pérdida de peso y la firmeza del fruto.

El estado nutricional de la planta aumentó con el efecto de los tratamientos, demostrando el efecto que tienen en el cultivo de tomate, ayudando a asimilar una correcta absorción de

Tabla 1. Respuesta de los tratamientos con yeso agrícola, micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos, en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate (Kg)

Tratamiento	Rendimiento (Kg)	Numero de Fruta	Grados brix	Penetración (kg/f)	Acidez titulable (%)
1	18.5 ab	123 ab	4 a	4.2 a	.7 d
2	19.1 ab	126 ab	4 a	5.1 a	.8 c
3	17.4 ab	108 b	4 a	4.4 b	.9 b
4	21.8 a	149 a	4 a	5.6 a	1 a
5	14.9 b	106 b	4 a	4.7 b	.7 d

Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Tabla 2. Efecto de la aplicación de tratamientos con yeso agrícola con micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos en el análisis nutrimental foliar del cultivo de tomate (% , ppm)

Tratamientos	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
T1	1.44	0.86	2.3	0.9	0.6	42	70	38	45
T2	1.76	0.93	3.1	1.8	0.86	25	66	46	40
T3	1.95	1.00	3.5	1.2	0.58	20	77	55	60
T4	2.4	0.99	3.5	1.7	0.83	35	79	53	45
T5(Testigo)	1.81	0.90	3.0	1.1	0.66	31	60	43	28

iones presentes en la solución de riego y suelo, haciendo disponibles compuestos que no son asimilables por las plantas, siendo el T4 que presentó mejores resultados.

El contenido de grados brix en el fruto no presentó diferencias significativas, teniendo valores esperados para el cultivo, sin tener interferencia en los contenidos nutrimentales y sabor de la fruta, teniendo una buena calidad y desarrollo, aun cuando el rendimiento incrementa significativamente.

Referencias

Caviedes, D. I. (2020). Impacto ecológico, social y económico de fincas certificadas en buenas prácticas agrícolas y comercio justo. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17. DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.iese>

Salvatierra, E., & Tobias, F. (2024). Leonardita y extractos húmicos como fuentes orgánicas para la agricultura.

Leal-Almanza, José, Gutiérrez-Coronado, Marco A., Castro-Espinoza, Luciano, Lares-Villa, Fernando, Cortes-Jiménez, Juan M., & Santos-Villalobos, Sergio de los. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. *Agrociencia*, 52(8), 1149-1159.

SIAP. (2024). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agropecuaria y pesquera.

Efecto de micronutrientes aplicados en suelos calcáreos en el cultivo de limón

Estrella-Osuna Luis Enrique^{a✉},
Gutiérrez-Coronado Marco Antonio^a,
Martínez-Carrillo José Luis^a y
Arellano-Gil Maritza^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México
✉l.estrellaosuna@gmail.com

Palabras clave: Micronutrientes, limón, clorofila.

Introducción

El cultivo de limón (*Citrus limon* L.) es la tercera especie de cítricos en importancia a nivel mundial, después del naranjo y del mandarino. Sin embargo, los rendimientos y la calidad de estos frutales se ven afectados por las condiciones del suelo, dado que la mayoría de estos cultivos están establecidos en suelos calcáreos (Puentes-Ramírez *et al.*, 2022). Entre las principales características de este tipo de suelos son un pH alto de 7 a 9 y un contenido significativo de carbonatos libres que limitan la absorción de algunos nutrientes minerales, en mayor medida los micronutrientes, especialmente de hierro (Fe). Su deficiencia provoca una alteración en el metabolismo del cultivo, lo que afecta negativamente el crecimiento de la planta y disminuye el rendimiento y calidad del fruto, causando importantes pérdidas económicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar la

aplicación de yeso agrícola enriquecido con micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) y ácidos húmicos-fúlvicos, aplicados al suelo en cultivo de limón, a través de análisis nutrimentales y medición de clorofila, para satisfacer los requerimientos nutricionales y mejorar la productividad del cultivo.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en un huerto de cítricos, con limón *Limoneira* 8A, ubicado en el block 902, Valle del Yaqui, Sonora, México, durante el ciclo 2023. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos (Tabla 1) y diez repeticiones por tratamiento. La aplicación se realizó directamente al suelo, en tres momentos del desarrollo fenológico del cultivo: 1) Floración, 2) Cuajado del fruto y 3) Frutos a 50% de su tamaño final.

Se determinó la concentración de macro y micronutrientes mediante los métodos de Alcántar & Sandoval (1999), siguiendo el manual HACH de análisis químico para tejido foliar, en un espectrofotómetro DR3900 HACH. La concentración de clorofila se determinó mediante el Soil-Plant Analysis Development (Spad 502 Konica Minolta), se realizaron lecturas semanales a partir de la primera aplicación de tratamientos, realizando el promedio de 3 mediciones en 3 partes diferentes de una hoja fisiológicamente. Los datos fueron procesados y analizados mediante un análisis de varianza ANOVA y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p < 0.05$), en el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22.

Resultados y discusión

La aplicación de yeso agrícola con micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) y ácidos

húmicos-fúlvicos aumentó el contenido nutrimental de macro y micronutrientes en comparación con el testigo (Tabla 2). En la etapa de floración se puede observar un incremento de hasta un 46% en Fe, 17% en Cu, 32% en Zn y 65% en Mn, en comparación con el testigo. En la etapa de cuajado de fruto se muestra un incremento de hasta de un 45% en Fe, 17% en Cu, 32% en Zn y 53% en Mn, en comparación con el tratamiento control. Del mismo modo, después de la tercera aplicación de los tratamientos se obtuvo un incremento en la concentración de micronutrientes de hasta un 18% en Fe, 17% en Cu, 39% en Zn y 59% en Mn, en comparación con el tratamiento

testigo. Así mismo, la aplicación de los tratamientos aumentó significativamente el contenido de clorofila. El tratamiento T5 presentó diferencia estadísticamente significativa en los meses de mayo, junio, julio y agosto, aumentando 4.19, 10.03, 5.10 y 8.11% respectivamente en comparación a T1(Figura 1).

Esto coincide Rajaie & Tavakoly (2018) que obtuvieron contenidos más altos de clorofila con la aplicación de quelatos de Fe, tanto al suelo como vía foliar en forma de FeEDDHA, así como un aumento significativo en la concentración de Fe en tejido foliar. Mismo suceso ocurrió con Puente-Ramírez *et al.* (2022)

Tabla 1. Tratamientos evaluados en árboles de limón.

Tratamientos	Formulación
T1	Testigo (Sin tratamiento)
T2	25 kg ha ⁻¹ [Yeso agrícola + Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn)]
T3	50 kg ha ⁻¹ [Yeso agrícola + Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn)]
T4	25 kg ha ⁻¹ [Yeso agrícola + Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) + Ácidos fúlvicos-húmicos]
T5	50 kg ha ⁻¹ [Yeso agrícola + Micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) + Ácidos fúlvicos-húmicos]

Tabla 2. Concentración nutrimental de tejido foliar en cultivo de limón, con efecto de la aplicación de yeso agrícola con micronutrientes y ácidos húmicos-fúlvicos

Tratamientos	Macronutrientes (%)					Micronutrientes (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	
Floración	T1	2.28b	0.41c	2.55b	2.24b	0.69a	103b	12a	19a	17b
	T2	2.32b	0.42c	2.60b	2.27b	0.87a	109b	14a	22a	25a
	T3	2.62ab	0.41c	3.75a	2.12b	0.97a	130ab	13a	25a	26a
	T4	2.46ab	0.51a	3.65a	2.67a	0.96a	143a	13a	23a	24a
	T5	2.85a	0.46b	3.55a	2.92a	1.02a	150a	13a	25a	28a
Cuajado de fruto	T1	2.30c	0.82a	2.25c	2.24c	0.85b	117b	12b	25b	19b
	T2	2.34bc	0.83a	2.47ab	2.29c	0.98ab	117b	14a	26b	28a
	T3	2.42b	0.51b	2.48ab	2.04d	1.00ab	152a	12ab	33a	28a
	T4	2.41b	0.77a	2.38bc	2.44b	0.99ab	170a	14a	32a	28a
	T5	2.54a	0.72a	2.60a	2.97a	1.05a	155a	12ab	33a	29a
Frutos al 50% de su desarrollo	T1	2.10b	0.63c	1.73c	2.15a	0.67b	153b	12a	23c	17c
	T2	2.12ab	0.76a	1.99ab	2.13a	1.00a	136c	14a	25c	21bc
	T3	2.18ab	0.64bc	2.06a	2.13a	1.02a	175a	13a	28b	24ab
	T4	2.20a	0.75ab	2.18a	2.25a	1.08a	135c	14a	30ab	19bc
	T5	2.18ab	0.68bc	2.10a	2.25a	1.01a	181a	14a	32a	27a

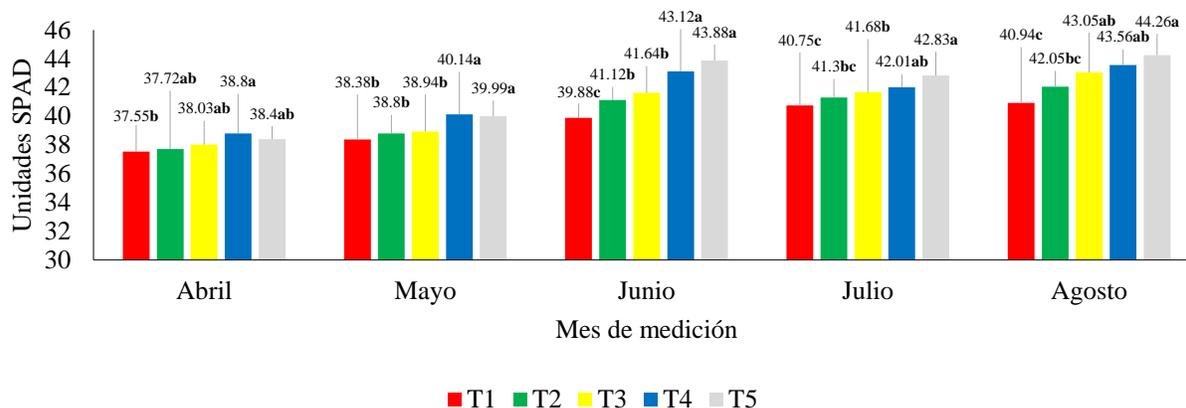


Figura 1. Concentración de clorofila (Unidades SPAD) en cultivo de limón, con efecto de la aplicación de yeso agrícola con micronutrientes y ácidos húmicos-fúlvicos

quienes al aplicar quelatos de hierro en árboles de limón italiano obtuvieron un aumento del índice SPAD de clorofila en las hojas y aumentó significativamente la concentración foliar de Fe hasta nivel óptimo (77 ppm).

Conclusiones

La aplicación de yeso agrícola con micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn) quelatados con ácidos fúlvicos-húmicos en árboles de limón establecidos en suelos calcáreos incrementa significativamente el contenido de clorofila y la concentración de micronutrientes como el Fe, lo que satisface los requerimientos nutricionales del cultivo, favoreciendo su desarrollo integral.

Referencias

- Alcántar, G., & Sandoval, M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. *Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C. Chapingo, México, 10*, 156.
- Puente-Ramírez, J. V., Rivera-Ortiz, P., Silva-Espinosa, J. H., & Andrade-Limas, E. (2022). Quelato EDDHA para corregir

la deficiencia de hierro en árboles de limón italiano (*Citrus limon* (L.) Osbeck). *Terra Latinoamericana, 40*.

- Rajaie, M., & Tavakoly, A. R. (2018). Iron and/or acid foliar spray versus soil application of Fe-EDDHA for revention of iron deficiency in Valencia orange grown on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition, 41*(2), 150-158.

Efecto del yeso agrícola y micro nutrientes en nogal pecanero en diferentes etapas fenológicas

Valenzuela-Valencia Alejandro^a✉,
Estrella-Osuna Luis Enrique^a y
Gutiérrez-Coronado Marco Antonio^a

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉ alejandro.valenzuela248401@potros.itson.edu.mx

Palabras clave: Nogal pecanero, fisiología, nutriente, yeso agrícola, calcáreo

Introducción

En el estado de Sonora, los suelos son salino-sódico-calcáreos, esto genera problemas en los cultivos agrícolas afectando el desarrollo fisiológico de las plantas (Vargas *et al.*, 2023). El cultivo de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) es la actividad de gran crecimiento en los últimos años en la región del Valle del Yaqui, donde los suelos se caracterizan por tener problemas de salinidad, lo que afecta al desarrollo fisiológico de los cultivos agrícolas provocando la baja o nula absorción de macro y micro nutrientes. Una enmienda correctiva a esta problemática es la adición periódica de yeso agrícola. La función del yeso agrícola es mejorar la calidad y la baja fertilidad del suelo, además de ser fuente de calcio y azufre para las plantas (Trasviña *et al.*, 2018). Este trabajo se centra en analizar el efecto del yeso agrícola y micro nutrientes en nogal pecanero, evaluando la absorción de nutrientes y la fisiología de la planta.

Metodología

Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 10 árboles por tratamiento. Se usaron dos formulaciones de yeso agrícola con zinc, hierro, cobre y manganeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn, Fe, Cu y Mn}$) (Tabla 1) y se realizaron aplicaciones de forma manual al suelo ajustando dosis en gramos de la formulación por el área de cada árbol y se aplicaron en tres diferentes etapas fenológicas. El análisis nutricional se basó en el manual de análisis químico para tejido vegetal (Alcantar & Sandoval, 1999), se cuantificaron los nutrientes en el tejido vegetal utilizando un espectrofotómetro HACH DR 3900. También se realizaron mediciones de clorofila para conocer la fisiología del nogal y se utilizó el instrumento SPAD 502 Minolta. Los datos obtenidos se procesaron en un análisis de varianza (ANOVA), también una prueba post hoc (Tukey $p < 0.05$) en el programa IBM SPSS Statistics.

Tabla 1. Composición de los tratamientos evaluados en árboles de nogal pecanero

Tratamientos	Formulaciones
T1	25 kg/ha $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn, Fe, Cu, Mn}$
T2	50 kg/ha $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn, Fe, Cu, Mn}$
T3	25 kg/ha $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn, Fe, Cu, Mn} +$ ácidos fúlvicos-húmicos
T4	50 kg/ha $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Zn, Fe, Cu, Mn} +$ ácidos fúlvicos-húmicos
T5	Testigo sin formulación (Estándar)

Resultados y discusiones

Los análisis en la etapa de brotación, en el nitrógeno (N) mostraron al T2 mejor significativamente que el testigo con un 19%. El fósforo (P) en el T2 y T4 fueron superiores estadísticamente al testigo hasta en un 63.1%. El potasio (K) en el T2 fue el mejor en gran medida comparado con el testigo en un 26.4%.

Tabla 2. Análisis nutricional de tres etapas del cultivo de nogal

	*BR					*FL					*FR				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
N	2.68 ^B	2.93 ^A	2.58 ^{CD}	2.78 ^B	2.47 ^D	2.6 ^B	2.72 ^A	2.5 ^C	2.75 ^A	2.6 ^B	2.63 ^C	2.75 ^B	2.72 ^B	2.9 ^A	2.48 ^D
P	0.44 ^B	0.75 ^A	0.54 ^B	0.68 ^A	0.46 ^B	0.56 ^{BC}	0.66 ^B	0.61 ^B	0.79 ^A	0.5 ^C	0.66 ^A	0.55 ^B	0.65 ^A	0.64 ^A	0.5 ^B
K	3.31 ^B	3.56 ^A	3.17 ^C	3.02 ^D	2.81 ^E	2.7 ^D	3.33 ^B	3.15 ^C	3.55 ^A	2.69 ^D	2.4 ^B	2.76 ^A	2.75 ^A	2.79 ^A	2.2 ^C
Ca	1.92 ^D	2.64 ^B	2.28 ^C	2.7 ^A	1.79 ^E	1.75 ^D	2.63 ^B	2.28 ^C	2.76 ^A	1.77 ^D	1.83 ^B	1.9 ^A	1.85 ^B	2.05 ^A	1.87 ^B
Mg	0.73 ^A	0.7 ^A	0.72 ^A	0.76 ^A	0.53 ^B	0.53 ^B	0.73 ^A	0.72 ^A	0.77 ^A	0.42 ^C	0.48 ^B	0.55 ^{AB}	0.66 ^A	0.67 ^A	0.53 ^B
Fe	139 ^C	230 ^B	231 ^A	230 ^B	93 ^D	165 ^C	170 ^B	190 ^A	190.5 ^A	118 ^D	116 ^B	97 ^D	96 ^E	163 ^A	102 ^C
Zn	40 ^A	34 ^E	39 ^B	38 ^C	34 ^D	33 ^C	33.7 ^B	33.3 ^C	34.5 ^A	32.7 ^D	25.5 ^D	29.7 ^A	25.7 ^C	29.5 ^B	20.7 ^E
Cu	10.4 ^E	10.7 ^D	13.7 ^A	11.8 ^B	10.9 ^C	14.5 ^B	12.7 ^D	12.1 ^E	16.1 ^A	13.1 ^C	14.5 ^B	13.25 ^D	13.7 ^C	15.7 ^A	12.3 ^E
Mn	21 ^D	26 ^B	24 ^C	36 ^A	20 ^E	21 ^D	25.2 ^C	25.7 ^B	29.7 ^A	19.7 ^E	18 ^D	19.7 ^C	25.5 ^B	27.99 ^A	17.8 ^E

*Etapa Brotación (*BR), *Etapa Floración (*FL), *Etapa Fructificación (*FR)

El calcio (Ca) en el T4 fue superior estadísticamente contra el testigo con 53.4%. El magnesio (Mg) en T1, T2, T3 y T4, fueron sobresalientes hasta un 43% contra el testigo. El hierro (Fe) en el T3 incrementó significativamente un 148% comparado al testigo. El zinc (Zn) en el T1 fue superior con 17% en gran medida que el testigo. El cobre (Cu) en el T3 fue mejor significativamente contra el testigo en un 25%. Finalmente, el manganeso (Mn) en el T4 fue superior notablemente al testigo en un 80%. En cambio, en los análisis en la etapa de floración, los resultados mostraron que en el N en T2 y T4 sobresalieron satisfactoriamente con 5% mejor que el testigo. El P en el T4 fue el mejor tratamiento con 57.5% superior al testigo. Para el K el T4 con 31.7% fue mejor estadísticamente comparado al testigo. El Ca en el T4 fue superior significativamente que el testigo con 56.2% de efectividad. Para el Mg el T2, T3 y T4 con hasta 82.5% fueron superiores de forma relevante contra el testigo. El Fe en el T3 y T4 con hasta 61% tuvieron mejor efectividad sobre el testigo. El Zn en el T4 con 5.3% de manera importante se posicionó por encima del testigo. En el Cu para

el T4 que fue mejor significativamente que el testigo con un 23.9%. Por último, el Mn en el T4 con 50.6% se colocó notablemente mejor que el testigo. También en los análisis en la etapa de fructificación los resultados mostraron que el N en el T4 con 15.9% fue superior estadísticamente que el testigo. En el P en el T1, T3 y T4 con 28.4% sobresalieron como los mejores tratamientos contra el estándar. Para K en el T2, T3 y T4 con un 26.3% fueron mejores de forma relevante contra el grupo de referencia. El Ca en T2 y T4 fueron superiores hasta un 12.1% contra el testigo. El Mg en el T3 y T4 sobresalieron hasta un 24.8% contra el testigo. El Fe en el T4 fue el mejor comparado con el testigo en un 59.8%. El Zn en el T2 fue superior en gran medida contra el testigo con un 43.5%. El Cu en el T4 con 28.3% fue mejor significativamente que el testigo. El Mn en el T4 fue el mejor tratamiento comparado con el testigo en un 57.5% (Tabla 2). Los resultados de la clorofila en brotación no presentaron diferencias significativas. En floración el T3 superó significativamente al testigo con 10.9% y para la etapa de fructificación el T1, T2, T3

y T4 fueron superiores estadísticamente contra el testigo con hasta 12.5% (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de clorofila en tres etapas fenológicas del cultivo de nogal pecanero

	T1	T2	T3	T4	T5
*BR	38.5 ^A	37.7 ^A	38.6 ^A	38.5 ^A	36.7 ^A
*FL	40.8 ^{BC}	41.6 ^B	43.7 ^A	41.8 ^{AB}	39.4 ^C
*FR	43.9 ^A	42.4 ^A	43.8 ^A	43.2 ^A	39 ^B

*Etapa Brotación (*BR), *Etapa Floración (*FL), *Etapa Fructificación (*FR)

En el trabajo de Salas-Rivera *et al.* (2018) documentaron los resultados de aplicaciones de nutrimentos que tuvo un aumento significativo de N, P, Ca, Fe, Cu y Zn en el árbol de nogal pecanero. Por otro lado, Turfan *et al.* (2020) concluyeron que el efecto de baja clorofila en árboles de nuez de castilla (*Juglans regia*) estaba relacionado al bajo contenido de N, Mg, Fe, Mn y Zn.

Conclusión

Los tratamientos aplicados de yeso agrícola con zinc, fierro, cobre y manganeso, en diferentes etapas fenológicas en nogal pecanero, mejoraron significativamente contenido de nutrimentos y clorofila, mejorando la fisiología de la planta y destacando el T4 en diferentes fases.

Referencias

Alcántar, G. G., & Sandoval, M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C. Chapingo, México, 10, 156.

Salas-Rivera, R., Valdez-Aguilar, L. A., Lira-Saldívar, R. H., Ibarra-Jiménez, L., & Cárdenas-Flores, A. (2018). Aspersiones foliares con nutrimentos vs. el rajado de nuez en nogal pecanero *Carya*

illinoensis. Acta universitaria, 28(1), 1-8.

Trasviña Barriga, A., Bórquez Olguín, R., Leal Almanza, J., Castro Espinoza, L., & Gutiérrez Coronado, M. (2018). Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 85-90.

Turfan, N., Savacı, G., & Sarıyıldız, T. (2020). Variation in chemical compounds of walnut (*Juglans regia* L.) leaves with tree age. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1), 124-134.

Vargas, J. R. N., Vázquez, J. M. V., Buitimea, R. S., Buitimea, H. O., Duarte, H. V., Buitimea, D. Q., & Molina, M. G. M. (2023). Determinación de Láminas de Lavado en Suelos Agrícolas del Pueblo de Pótam, Sonora. VIII Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Riego, Drenaje y Biosistemas.

Evaluación de la aplicación de yeso agrícola con micronutrientes (Fe, Cu, Zn y Mn), con ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el Valle del Yaqui

Osorio Pérez Martín Eduardo^a y
Gutiérrez-Coronado Marco Antonio^a✉

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉mgutierrez@itson.edu.mx

Palabras clave: Yeso agrícola, papa (*Solanum tuberosum L.*), enmienda, ácidos húmicos y fúlvicos.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es un alimento fundamental en la dieta de los mexicanos, destacando por su alto valor nutritivo y energético. En los últimos años, su relevancia económica y social ha crecido, especialmente en la región noroeste del país, donde muchas familias dependen de su producción. Sonora se posiciona como el principal productor nacional de este tubérculo, con un promedio de 436 mil toneladas cultivadas en alrededor de 12,000 hectáreas en los últimos tres años (SADER, 2023). La mejora de la producción de papa se ha convertido en una prioridad, y una de las estrategias más efectivas es la aplicación de enmiendas al suelo. Estas prácticas contribuyen a optimizar las propiedades del suelo, aumentando su

fertilidad y, en consecuencia, la calidad y cantidad de las cosechas. La alcalinidad del suelo representa un desafío significativo para el crecimiento de las plantas, ya que puede provocar alteraciones microbiológicas, deficiencias nutricionales y fitotoxicidad. El yeso agrícola se presenta como una alternativa viable, ya que, aunque no modifica el pH del suelo, mejora el entorno radicular de las plantas en suelos salinos, particularmente a nivel de subsuelo (INTAGRI, 2014). Este trabajo busca evaluar la aplicación de yeso agrícola enriquecido con micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos, y microorganismos, a través de mediciones fisiológicas y morfológicas en plantas de *Solanum tuberosum L.* El objetivo es mejorar tanto la calidad como el rendimiento de este cultivo, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad de la producción de papa en Sonora.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en un lote de la empresa AGROBO ubicado en el block 1010 del Valle del Yaqui, Cajeme, Sonora, México, en el periodo noviembre 2023-abril 2024.

Se manejó bajo un diseño experimental en bloques al azar, con 5 tratamientos (T), (T1 50 kg de yeso agrícola + micronutrientes + ácidos húmicos y fúlvicos, T2 25 kg de yeso agrícola + micronutrientes + ácidos húmicos y fúlvicos, T3 50 kg de yeso agrícola + micronutrientes, T4 25 kg de yeso agrícola + micronutrientes, T5 Testigo) y cuatro repeticiones, con cuatro surcos de 10 metros de largo por tratamiento, en un tipo de suelo arcilloso, húmedo y sin compactaciones, realizando la aplicación de los tratamientos antes de la siembra del tubérculo en el talud del

surco de forma manual. Al momento de la cosecha se realizó una muestra de 4 plantas por bloque, teniendo un total de 16 plantas por tratamiento, la cosecha fue llevada al laboratorio para la cuantificación de las variables poscosecha a medir (peso y número de tubérculos).

Resultados y discusión

Al analizar los datos de peso de producción por planta, por bloque respecto a cada tratamiento se observa una diferencia significativa entre el tratamiento 1 a los otros 4 tratamientos, sin embargo, la diferencia es mayor al tratamiento 5 (testigo) teniendo un 29.72% mayor producción respectivamente, entre los tratamientos 2, 3 y 4 se observa un incremento de la producción más no son considerables. La presencia de calcio aumenta el peso del tubérculo (Medina, 2008). El aumento de peso en los tubérculos en los tratamientos con yeso agrícola se atribuye a la mayor disponibilidad de calcio para el cultivo (Figura 1).

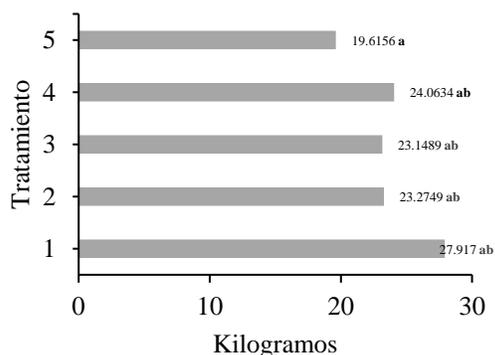


Figura 1. Producción por kilo por tratamiento

La producción de papa recolectada en las 16 plantas por tratamiento no muestra una diferencia significativa entre las medias calculadas, sin embargo, el tratamiento presenta un 16.28% mayor número de tubérculos respecto al testigo. En cuanto al

tratamiento 1, 2 y 3 presentan un 11.62%, 13.23% y 4.56% de diferencia respecto al testigo. Según Villa & Barrientos (2012) la aplicación edáfica de manganeso (Mn) es una opción viable para el manejo nutricional del cultivo de papa debido al aumento en rendimiento del cultivo, teniendo en cuenta que los porcentajes de Mn en el cultivo se encontraron en un rango suficiente y que hubo un incremento en los tratamientos se concluye que el elemento estuvo disponible para la asimilación por la planta (Figura 2).

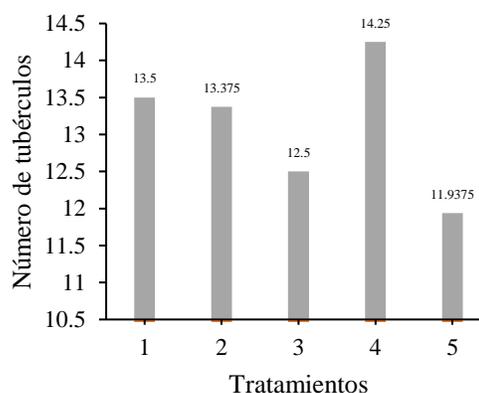


Figura 2. Número de tubérculos por tratamiento

Conclusión

La aplicación de yeso agrícola en el cultivo de papa ayuda a incrementar la producción en peso de los tubérculos debido a la presencia de calcio disponible para la planta, sin embargo, aunque el rendimiento en kilos es más alto con el tratamiento 1, el número de tubérculos no afecta significativamente la producción en peso. Se recomienda el uso esta enmienda ya que afecta positivamente en la nutrición del cultivo de papa.

Referencias

INTAGRI. (2014). Manual de Uso del Yeso Agrícola como Mejorador de Suelos.

Num. 5. Artículos Técnicos de Intagri.
Mexico. 10 p

Medina, A. (2008). Importancia del calcio en la nutrición de la papa. Seminario YARA, Quito.

Sader. (2023). La papa como alimento básico. Al 4 de junio 2023. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-papa-como-alimento-basico?idiom=es>

Villa, M. R., & Barrientos, J. C. (2012). Incremento de la rentabilidad económica en el cultivo de papa criolla mediante fertilización con manganeso. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 67-75.

Adsorción de naranja de metilo: efecto de la concentración inicial y dosis de bioadsorbente

Valdez-Osuna Esmeralda^a,
González-González Beatriz Guadalupe^b✉,
Maldonado-Bustamante Sara Roxana^b,
Villa-Lerma Alma Guadalupe^b y
Mondaca-Fernández Iram^b

^aInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Ciencias del Agua y Medio
Ambiente, 85000 Ciudad Obregón, México.

^bInstituto Tecnológico de Sonora,
Departamento de Biotecnología y Ciencias
Alimentarias, 85000 Ciudad Obregón,
México.

✉beatriz.gonzalez@itson.edu.mx

Palabras clave: Colorantes sintéticos,
quitosano, adsorción, biomateriales

Introducción

El naranja de metilo (NM) es uno de los colorantes más utilizados a nivel industrial, principalmente en la industria textil; asimismo, se emplea a nivel laboratorio como indicador de pH para titulaciones (Darwish *et al.*, 2019). Sin embargo, la exposición a este colorante puede generar efectos adversos como vómitos, shock, cianosis, ictericia, cuadriplejía y necrosis tisular en humanos. A su vez, puede incrementar la demanda química de oxígeno, retrasar el crecimiento de microorganismos y afectar la actividad fotosintética en los sistemas acuáticos. Por ello, existe un gran interés en la remoción del NM de los efluentes industriales antes de su disposición en los cuerpos de agua. Entre las

tecnologías de eliminación de contaminantes, destaca la adsorción por ser eficiente, de fácil operación y el adsorbente puede ser reutilizado. En este sentido, diversas investigaciones han enfocado sus esfuerzos para la creación de nuevos biomateriales, principalmente aquellos elaborados a base de subproductos industriales, debido a su gran abundancia y bajo costo (Alyasi *et al.*, 2023; González-González *et al.*, 2023). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la concentración inicial de colorante y el efecto de la dosis de quitosano (QS) como bioadsorbente en el proceso de adsorción de NM.

Metodología

Se preparó el bioadsorbente a partir de una solución de QS al 2% (p/v), agregando 0.5 g de quitosano en polvo en una solución de 20 mL de ácido acético al 1.5% (v/v) (Sánchez-Duarte *et al.*, 2012). Posteriormente, se goteó la solución de QS en una solución de tripolifosfato de sodio (TPP) al 1% (p/v). Los hidrogeles elaborados se mantuvieron en agitación a 350 rpm durante 24 h. Luego, se dejaron secar a una temperatura de 25 °C por 12 h. Se evaluó el efecto de la concentración inicial de NM, para ello se prepararon soluciones a 20, 50, 100 y 150 mg/L de colorante. Las soluciones de NM se pusieron en contacto con una dosis de bioadsorbente de 10 g/L sin agitación a 25 °C durante 24 h. Para evaluar el efecto de la dosis, se utilizaron soluciones de NM a 20 mg/L, a cada una de ellas se les puso en contacto con 0, 2, 4, 6, 8 y 10 g/L de bioadsorbente. Después del proceso de adsorción de ambas pruebas se calculó el porcentaje de remoción de NM.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el efecto de la concentración

inicial de NM en el proceso de adsorción con quitosano, en ésta se observa que, a mayor concentración inicial de colorante, menor eficiencia de remoción. Esto podría deberse a que con el aumento de la concentración de NM hay un mayor número de grupos SO_3^- que se repelen entre sí electrostáticamente, causando una disminución de la interacción con los sitios activos del quitosano. Este comportamiento se reportó previamente por Alyasi *et al.* (2023).

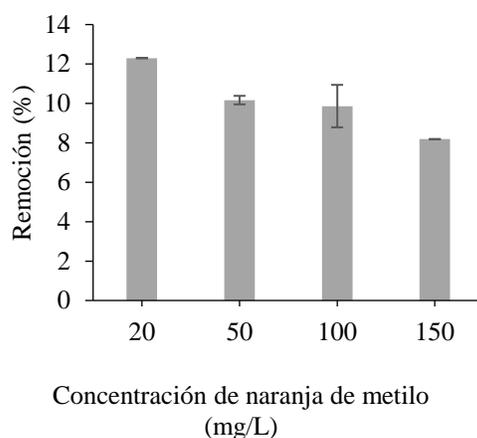


Figura 1. Efecto de la concentración inicial de NM en la adsorción con el bioadsorbente (quitosano).

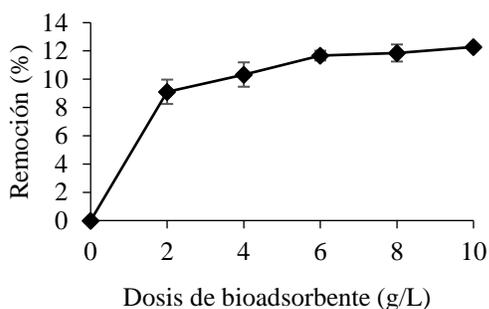


Figura 2. Efecto de la dosis de bioadsorbente (quitosano) en la adsorción de NM.

La Figura 2 muestra el efecto de la dosis del bioadsorbente en el proceso de adsorción del NM. Se observa un incremento de la eficiencia

de adsorción a medida que aumenta la dosis del quitosano, esto ocurre debido a una mayor disponibilidad de sitios activos a medida que aumenta la dosis de bioadsorbente, estudios previos reportaron un efecto similar en el proceso de adsorción (Alyasi *et al.*, 2023; Darwish *et al.*, 2019).

Conclusiones

Se logró una remoción efectiva de naranja de metilo (NM) con el uso de quitosano, donde se obtuvo una eficiencia de remoción del 12.3% bajo las condiciones de este estudio. Asimismo, se demostró que el proceso de adsorción fue dependiente de la concentración inicial de colorante y de la dosis del bioadsorbente. Finalmente, los resultados de este trabajo sugieren el uso de quitosano como base para la elaboración de biomateriales para la adsorción de colorantes sintéticos como el naranja de metilo (NM). Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar otros factores que afectan la eficiencia de adsorción, como la agitación, el pH, la temperatura de la solución, entre otros.

Referencias

- Alyasi, H., Mackey, H., & McKay, G. (2023). Adsorption of methyl orange from water using chitosan bead-like materials. *Molecules*, 28(18), 6561.
- Darwish, A. A. A., Rashad, M., & AL-Aoh, H. A. (2019). Methyl orange adsorption comparison on nanoparticles: Isotherm, kinetics, and thermodynamic studies. *Dyes and Pigments*, 160, 563-571.
- González-González, B. G., García-Sifuentes, C. O., Santacruz-Ortega, H., Brown-

Bojórquez, F., Navarro-Gautrín, R. E., Sugich-Miranda, R., & Carvajal-Millán, E. (2023). Properties of hydroxyapatite from tilapia (*Oreochromis niloticus*) bones: An approach towards its potential use as a dye adsorbent. *Journal of applied research and technology*, 21(3), 447-456.

Sánchez-Duarte, R. G., Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., & Correa-Murrieta, M. A. (2012). Adsorption of allura red dye by cross-linked chitosan from shrimp waste. *Water Science and Technology*, 65(4), 618-623.



CONGRESO INTERNACIONAL BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS ALIMENTARIAS

La Sociedad Académica, revista semestral del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), se honra en presentar esta edición especial dedicada al II Congreso Internacional de Tecnología y Ciencias Ambientales, celebrado del 21 al 25 de octubre de 2024 en Ciudad Obregón, Sonora, bajo modalidad presencial-remota. Este evento, organizado por el Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, se realiza cada dos años y ha evolucionado hasta consolidarse como un foro de alcance internacional, promoviendo la innovación y la sostenibilidad en un contexto global.



La Sociedad
Académica

